

## PLANO REGIONAL DE ÁGUA DA MADEIRA SÍNTESE DO DIAGNÓSTICO E DOS OBJECTIVOS

J. Alberto Pimenta de FRANÇA

Engenheiro Civil, Presidente do IGA – Investimento e Gestão da Água, S.A.  
Rua dos Ferreiros, 148-150, 9000-082 Funchal, +351.291201020, [igamadeira@iga.pt](mailto:igamadeira@iga.pt)

António Betâmio de ALMEIDA

Engenheiro Civil, Consultor da PROCESL – Engenharia Hidráulica e Ambiental, Ld<sup>a</sup>.,  
SintraCascais Escritórios, Rua da Tapada da Quinta de Cima, Linho, 2714-555, Sintra, + 351.21.9104018, [aalmeida@procesl.pt](mailto:aalmeida@procesl.pt)

### RESUMO

O Arquipélago da Madeira situa-se no Atlântico Norte e é constituído por duas ilhas principais (Madeira e Porto Santo) e dois conjuntos de ilhas (Desertas e Selvagens). Atendendo às variações climáticas e geográficas, na Ilha da Madeira e entre as duas ilhas principais, uma adequada gestão da água impõe-se como uma necessidade. Por seu turno a Directiva da U.E. relativa à gestão da água impõe, por seu turno, exigências adicionais. A presente comunicação constitui uma breve síntese do Plano Regional de Água da Madeira, concluído em 2003.

**Palavras-chave:** Água, Recursos Hídricos, Planeamento

### 1 – INTRODUÇÃO

O Plano Regional da Água da Madeira (PRAM) constitui um plano estratégico que tem por objecto o planeamento dos recursos hídricos, no contexto geral de desenvolvimento sustentável, qualidade de vida dos habitantes, satisfação das necessidades relativas às actividades económicas e protecção do ambiente da Região Autónoma da Madeira (RAM).

O PRAM constitui um instrumento de planeamento fundamental, tendo em vista o enquadramento da gestão dos recursos hídricos nos aspectos da quantidade e da qualidade, por forma a permitir a disponibilização, a valorização, a protecção e a gestão da água, funções que, a nível nacional, são asseguradas pelo Plano Nacional da Água (PNA).

O PRAM concretiza a participação da Região Autónoma da Madeira no processo de planeamento dos recursos hídricos de Portugal, conformando-se com os princípios estratégicos e programáticos do Plano Nacional da Água, sem prejuízo do reconhecimento das especificidades e idiosincrasias regionais. Salienta-se que no PRAM a caracterização da situação corresponde a uma escala de análise intermédia entre a puramente regional e a local. Trata-se de detectar as grandes questões que envolvem a gestão e utilização de água, tendo em vista a preparação de programas de acção e o enquadramento operacional da futura gestão institucional dos recursos hídricos.

O PRAM enquadra-se na Estratégia Nacional de Política de Ordenamento do Território, assegurando a compatibilização com o Plano de Ordenamento do Território da Região Autónoma da Madeira (POTRAM) e o Plano de Ordenamento Turístico (POT), que, em futuras revisões, deverão assumir a normativa respeitante à protecção e valorização dos recursos hídricos, detalhadamente estabelecida no presente Plano. No âmbito do horizonte temporal do PRAM (2020), e para efeitos de análise e programação de medidas e acções, foram fixados, com base no Decreto-Lei nº 45/94, horizontes intermédios correspondentes aos anos 2006 e 2012.

A presente comunicação baseia-se no Resumo não Técnico apresentado publicamente em 2003.

## 2 - CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ACTUAL

### 2.1 - Características físicas

O Arquipélago da Madeira situa-se no Atlântico Norte, entre a latitude de 30° 01' N e 33° 08' N e a longitude de 15° 41' W e 17° 16' W. O âmbito espacial da intervenção do PRAM é o Arquipélago da Madeira, com uma área total de 802 km<sup>2</sup>, constituído pelas ilhas da Madeira (742 km<sup>2</sup>), do Porto Santo (43 km<sup>2</sup>), Desertas (14 km<sup>2</sup>) e Selvagens (3 km<sup>2</sup>). No Quadro 1 apresenta-se uma síntese das principais características físicas das duas ilhas habitadas (Madeira e Porto Santo).

**Quadro 1 Síntese das características físicas das Ilhas da Madeira e do Porto Santo**

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	ILHA DA MADEIRA	ILHA DO PORTO SANTO
Altitude média	646 m	86 m
Pico mais alto	Pico Ruivo (1 862 m)	Pico do Facho (517 m)
Declive médio	56%	26%
Perímetro	177,3 km	69,5 km
Área	742 km <sup>2</sup>	43 km <sup>2</sup>
Solos predominantes	Andossolos (42%)	Calcissolos (40%)
Temperatura média diária:		
Máxima (Agosto)	23° C	22,4° C
Mínima (Fevereiro)	5,4° C	15,4° C
Ventos predominantes:		
Direcção	N-NE	N
Velocidade média máxima (e direcção)	30 km/h (S-SW)	17 km/h (E)
Precipitação anual média ponderada	1 628 mm	355 mm

Atendendo às características específicas do Arquipélago, foram definidas, no âmbito do PRAM, seis Unidades Hidrológicas de Planeamento (UHP), três na Ilha da Madeira, uma na Ilha do Porto Santo, uma nas Ilhas Desertas e uma nas Ilhas Selvagens:

UHP Vertente Norte (Ilha da Madeira), com 325,8 km<sup>2</sup>;

UHP Vertente Sul Oeste (Ilha da Madeira), com 182,2 km<sup>2</sup>;

UHP Vertente Sul Este (Ilha da Madeira), com 234,1 km<sup>2</sup>;

UHP Porto Santo, com uma área de 43 km<sup>2</sup>;

UHP Desertas, com uma área de 14 km<sup>2</sup>;

UHP Selvagens, com uma área de 3 km<sup>2</sup>.

### 2.2 - Características Bióticas

A conservação da Natureza tem sido objecto de um esforço digno de destaque. A área das zonas protegidas na RAM é relativamente elevada: para além do Parque Natural da Madeira, criado em 1982, que ocupa cerca de 2/3 da Ilha da Madeira, a Região tem ainda um conjunto de reservas naturais e marinhas, das quais se destacam as Ilhas Selvagens e Desertas. Para além destas medidas, 11 sítios da Região foram integrados na Rede Natura 2000 e 10 habitats naturais foram reconhecidos (integrantes da Directiva Habitats) para a RAM. Durante os trabalhos de campo, correspondentes à elaboração desta fase do PRAM, foi possível verificar a presença de 19 habitats naturais. Salienta-se, ainda, o facto de a Laurissilva da Ilha da Madeira ter sido classificada como Património Mundial Natural pela UNESCO em 1999.

A vegetação da Madeira inclui vários tipos de bosques, nomeadamente os bosques de altitude, principais responsáveis pelo fenómeno da precipitação oculta. São reconhecidas, actualmente, 32 classes de vegetação e 112 comunidades ou associações, incluindo diversos tipos de bosques associados aos cursos de água ou

que dependem de elevada humidade. Na Ilha da Madeira, diferenciam-se andares de vegetação estratificados por altitudes, relacionados com a variação de situações climáticas. Bioclimaticamente estão definidos cinco andares. A fauna macroinvertebrada da Ilha da Madeira é constituída por 240 espécies pertencentes a treze categorias. No que respeita aos moluscos, o Arquipélago da Madeira constitui um dos locais do planeta com maior diversidade específica ao nível das espécies terrestres. Com efeito, estão identificadas no Arquipélago da Madeira 261 espécies de moluscos terrestres. Na realidade, este número é superior atendendo à descoberta de novas espécies entretanto descritas por investigadores.

### 2.3 - Características Sócio-Económicas

No conjunto dos 11 concelhos da RAM, residiam, em 2001, cerca de 245 mil habitantes. A população temporária é pouco variável ao longo do ano na Ilha da Madeira, mas apresenta uma sazonalidade considerável na Ilha do Porto Santo.

A economia madeirense apresenta características de dinamismo e inovação tendo em conta as respectivas condicionantes físicas e o posicionamento geo-estratégico. Regista-se, a partir de 1997, uma tendência generalizada para a subida dos índices do poder de compra na RAM relativamente à média nacional. No Quadro 2 apresentam-se os principais indicadores sócio-económicos.

Quadro 2 Principais indicadores sócio-económicos

INDICADOR	ILHA DA MADEIRA	ILHA DO PORTO SANTO	RAM
População residente (2001)	240 538 hab	4 474 hab	245 012 hab
População flutuante média diária (2001)	12 786 hab/dia	1 971 hab/dia <sup>(i)</sup>	14 757 hab/dia
Taxa de crescimento demográfico (1991/2001)	- 0,33%	- 0,50%	-0,34%
Densidade populacional média global (2001)	326,5 hab/km <sup>2</sup>	106,1 hab/km <sup>2</sup>	314,6 hab/km <sup>2</sup>
Densidade populacional média máxima	1 430 hab/km <sup>2</sup> (concelho do Funchal)	-	-
Produto Interno Bruto - PIB (1999)	-----	-----	513 903 (10 <sup>6</sup> esc)
Taxa de crescimento médio anual do PIB	-----	-----	8,63%
Valor Acrescentado Bruto (1999)	-----	-----	442 093 (10 <sup>6</sup> esc)
Taxa de crescimento médio anual do VAB	-----	-----	8,53%
Consumo de energia eléctrica (2000)	530,5 GWh	19,16 GWh	549,71 GWh
Taxa de crescimento médio anual do consumo de energia eléctrica	7,7%	10,0%	7,9%

<sup>(i)</sup> De Junho a Setembro: 5 275 hab.; nos restantes meses 857 hab.; máximo no dia 17 de Agosto: 9056 hab.

### 2.4 - Usos e ocupações do solo

Na Ilha da Madeira, a superfície florestal ocupa mais de metade da ilha, seguindo-se os espaços naturais, em cerca de um quarto do seu território, e a área agrícola, na ordem dos 18%. A área social ocupa apenas 5% da ilha, encontrando-se a maior parte na vertente sul. Relativamente à utilização da terra para usos específicos, refere-se o cultivo da bananeira, abacateiro, anoneira e vinha como espécies principais. A localização actual das culturas consideradas corresponde à terra com maior aptidão para o seu uso e a maior parte das terras cultivadas estão localizadas em socalcos, constituindo um obstáculo ao desenvolvimento das explorações agrícolas. Quanto aos espaços naturais e/ou de protecção há a referir o Parque Natural da Madeira, que abrange a maioria do território da ilha (cerca de dois terços), e as reservas naturais, nomeadamente a Reserva Natural do Garajau e a Reserva Natural da Rocha do Navio, e as Áreas Protegidas no Meio Marinho. Relativamente à Ilha do Porto Santo, a rocha mãe aflora em quase toda a ilha e os cereais são cultivados em terrenos pobres que apresentam com frequência profundos barrancos. Na ilha, predomina a aridez, apenas com um pequeno bosque, em um dos cumes, sendo o uso agrícola do solo pouco variado e do tipo extensivo, predominando a vinha no centro da ilha. A ocupação agrícola representa cerca de 10% da área total, e a floresta exótica 15%. Nas Ilhas Selvagens e Desertas, salienta-se a Reserva Natural das Ilhas Selvagens e a Reserva Natural das Ilhas Desertas, e a área protegida no meio marinho.

## 2.5 - Disponibilidades de recursos hídricos

No Quadro 3, apresentam-se as disponibilidades de água anuais médias totais nas Ilhas da Madeira e do Porto Santo. Neste quadro, a parcela de carga de águas subterrâneas inclui a parcela de escoamento subterrâneo e hipodérmico.

Quadro 3 Disponibilidades totais de água em ano médio nas Ilhas da Madeira e do Porto Santo

ZONA	ESCOAMENTO À SUPERFÍCIE (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	DESCARGAS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	DISPONIBILIDADES TOTAIS (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
Vertente Norte	222,0	158,3	380
Vertente Sul	Este	64,8	171
	Oeste	90,2	194
	Total	155,0	365
Ilha da Madeira	431,9	315,0	747
Ilha do Porto Santo	-	0,86	1,3

## 2.6 - Necessidades totais de água

No Quadro 4 apresentam-se as necessidades totais.

Quadro 4 Necessidades totais de água em ano médio nas Ilhas da Madeira e do Porto Santo

ZONA	NECESSIDADES (x 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )			
	Abastecimento Urbano e Industrial	Centrais Hidroeléctricas	Agricultura e Pecuária	Totais (sem centrais)
Vertente Norte	2 123	17 612	13 920	16 043
Vertente Sul	Oeste	46 661	19 280	22 838
	Este	28 927	17 410	63 993
	Total	75 588	36 690	86 831
Ilha da Madeira	52 264	93 200	50 610	102 804
Ilha do Porto Santo	746	0	205	951

## 2.7 - Balanço necessidades-disponibilidades

Relativamente ao balanço entre as disponibilidades e as necessidades de água para a globalidade da Ilha da Madeira e para cada UHP, constata-se que, em termos anuais médios (Quadro 5), não existe carência de recursos hídricos relativamente às necessidades antrópicas totais.

Para a Ilha da Madeira, verifica-se que na UHP designada por vertente norte, em termos anuais médios, a abundância relativa de recursos hídricos é superior à das restantes zonas da ilha, tendo as menores necessidades de água. Nesta zona, a recarga unitária do aquífero de base é superior à média estimada para a globalidade da ilha.

Quadro 5 Balanço necessidades-disponibilidades anuais médias

ZONA	DISPONIBILIDADES ( $\times 10^6$ m <sup>3</sup> )	NECESSIDADES ( $\times 10^6$ m <sup>3</sup> )	BALANÇO NECESSIDADES- -DISPONIBILIDADES ( $\times 10^6$ m <sup>3</sup> )
Vertente Norte	380,0	16,0	364,0
Vertente Sul	Este	64,0	130,0
	Oeste	35,4*	135,6
	Total	99,4	265,6
Ilha da Madeira	747,0	102,9	644,1
Ilha do Porto Santo	1,3	0,9	0,4

\* Nesta vertente foram contabilizados 12,6 hm<sup>3</sup> da Central de Inverno da Calheta que não têm retorno

Por seu turno, na vertente sul-este, a recarga unitária do aquífero de base é inferior à média e muito inferior à da vertente norte, sendo as disponibilidades as menores das três UHP e as necessidades as mais elevadas. É de referir que, no trimestre de Verão (Julho a Setembro), o balanço é negativo, o que evidencia a carência de recursos hídricos nesta UHP face às necessidades, a qual é compensada através da transferência de água de outras vertentes com sistemas adutores multimunicipais.

Relativamente à Ilha do Porto Santo, e de acordo com o balanço hídrico verifica-se que os recursos hídricos potenciais totais (superficiais e subterrâneos) são  $1,3 \times 10^6$  m<sup>3</sup> e que as necessidades hídricas para o abastecimento urbano, agricultura e pecuária são  $0,9 \times 10^6$  m<sup>3</sup> (69%). Considerando um limite prático de extracção e aproveitamento dos recursos hídricos potenciais totais de 60%, verifica-se que existiria carência de água na ilha caso não estivesse em funcionamento a central dessalinizadora.

## 2.8 - Qualidade e poluição das águas

Na Ilha da Madeira as águas superficiais têm, em geral, boa qualidade e características estáveis. No que respeita às águas subterrâneas, a Ilha da Madeira não apresenta problemas assinaláveis de poluição química na origem. Em termos bacteriológicos a percentagem de amostras contaminadas é muito reduzida.

Na Ilha do Porto Santo, as águas subterrâneas apresentam fraca qualidade para consumo humano.

## 2.9 - Situações de risco

Pelas suas características específicas - pequenas bacias hidrográficas com declives muito acentuados de que resultam tempos de concentração muito curtos - a Ilha da Madeira é particularmente propícia à ocorrência de cheias repentinas ("flash floods"), a que se associam frequentemente elevados caudais de ponta de cheia, como resultado das elevadas intensidades da precipitação que ocorrem no arquipélago.

As cheias repentinas, já de si muito perigosas pelas características da sua ocorrência, têm consequências ainda mais gravosas, especialmente na Ilha da Madeira, devido à ocupação intensa das margens dos cursos de água como resultado da expansão urbanística e das características topográficas locais.

## 2.10 - Análise económica das utilizações da água

A gestão dos recursos hídricos tem de ser encarada numa perspectiva de desenvolvimento sustentável, considerando, para além da vertente ambiental e social, os aspectos económicos.

Neste contexto, foi efectuado o levantamento, a caracterização e a avaliação dos problemas económicos que se colocam à gestão da água, seguindo-se depois à análise dos problemas de índole financeira resultantes da problemática económica. Como resultado da aplicação da análise efectuada salienta-se o seguinte:

- Dificuldades em proceder a uma correcta determinação do valor económico da água (ausência de informações, ausência de internalizações de custos);
- Desequilíbrios financeiros (estruturas de tarifários, atrasos nas cobranças);

- Elevado número de perdas e consumos não contabilizados (antiguidade das redes, insuficiência de cobertura em equipamentos de medição de consumos).

### 3 - ANÁLISE PROSPECTIVA

Na análise da evolução futura, foram desenvolvidos dois cenários para os anos 2006, 2012 e 2020:

- **Cenário central** ou de crescimento tendencial, segundo o qual se admite a manutenção das condições actuais de desenvolvimento sócio-económico;
- Cenário superior ou de elevado crescimento, segundo o qual são alteradas de forma positiva e significativa as condições actuais de desenvolvimento sócio-económico.

Para cada um dos cenários, foram analisados os seguintes aspectos:

- Evolução demográfica;
- Abastecimento de água e águas residuais - necessidades de água da população residente e temporária nas ilhas da Madeira e Porto Santo, atendimento com drenagem e tratamento de águas residuais e cargas poluentes estimadas de origem urbana;
- Agro-pecuária - necessidades de água para a agricultura e pecuária;
- Indústria - necessidades de água para a indústria e evolução das cargas poluentes de origem industrial;
- Energia - necessidades de água para a produção de energia.

A definição de objectivos e medidas foi efectuada para o cenário superior.

### 4 - ORIENTAÇÃO ESTRATÉGICA DO PLANO

Em termos gerais, o PRAM preconiza as seguintes grandes linhas de orientação estratégicas, que visam responder às disfunções identificadas na Região:

- Melhorar a oferta e gerir a procura de água para as populações e actividades económicas;
- Proteger a qualidade da água;
- Proteger os recursos naturais, especialmente os ecossistemas com especial interesse;
- Prevenir e minorar riscos associados a fenómenos hidrológicos extremos e a acidentes de poluição;
- Articular o ordenamento do território com o ordenamento do domínio hídrico;
- Ajustar o quadro institucional e adequar o quadro normativo regional;
- Promover a sustentabilidade económica e financeira;
- Promover a informação e participação dos cidadãos;
- Aprofundar o conhecimento.

### 5 - DEFINIÇÃO DE OBJECTIVOS

A definição de objectivos constitui a fase decisiva do processo de planeamento e corresponde ao estabelecimento das grandes opções estratégicas que assegurem a “valorização, a protecção e a gestão equilibrada dos recursos hídricos nacionais, assegurando a sua harmonização com o desenvolvimento regional e sectorial através da economia do seu emprego e racionalização dos seus usos” (Decreto-Lei nº 45/94, de 22 de Fevereiro).

Em termos gerais, os objectivos transversais a todas as áreas temáticas do PRAM são:

- Cumprimento integral e efectivo da legislação aplicável.
- Preservação e salvaguarda de valores ecológicos e ambientais.
- Reforço da capacidade de licenciamento, fiscalização e controlo.
- Aplicação dos princípios “utilizador-pagador” e “poluidor-pagador”

- Adequação dos quadros normativo e institucional
- Adopção de medidas com vista à melhoria de eficiência global dos sistemas

Foram definidos objectivos para onze áreas temáticas do Plano Regional da Água da Madeira. Os objectivos da política de planeamento e gestão dos recursos hídricos foram divididos em objectivos estruturais e objectivos instrumentais, os quais se desdobram e são suportados por conjuntos de objectivos operacionais. Os objectivos **instrumentais** incidem sobre o sistema de planeamento e gestão a adoptar para os recursos hídricos e articulam com os restantes instrumentos de planeamento e ordenamento do território. De entre os objectivos de política, os que incidem mais directamente com a água e com o domínio hídrico constituem o grupo de objectivos **estruturais**.

Os objectivos **operacionais** correspondem à especificação dos objectivos estruturais e instrumentais, associados à resolução de problemas actuais ou potenciais identificados na caracterização e diagnóstico e, quando possível e adequado, quantificados e concretizados no tempo e no espaço.

São classificados de **Básicos (B)** todos os objectivos operacionais através dos quais se procura (i) assegurar o cumprimento da legislação aplicável (ii) resolver situações de carência em termos de abastecimento de água e protecção dos meios hídricos (iii) melhorar o conhecimento básico dos processos hidrológicos e (iv) minimizar os efeitos das cheias, das secas e de eventuais acidentes de poluição e outros riscos. Os objectivos **Complementares (C)** visam melhorar ou manter o estado dos recursos hídricos para além dos requisitos mínimos.

Na elaboração do PRAM foi definido um conjunto de número de indicadores para as diversas áreas temáticas consideradas, de modo a permitir avaliar a satisfação dos objectivos:

- Abastecimento de água às populações e actividades económicas (22);
- Protecção das águas e controlo da poluição (31);
- Protecção dos ecossistemas aquáticos e sistemas naturais relevantes para a protecção dos recursos hídricos (18);
- Prevenção de riscos naturais e induzidos pela actividade humana (11);
- Ordenamento das ocupações do domínio hídrico (7);
- Normas e regulamentos de protecção dos recursos hídricos (3);
- Valorização económica dos recursos hídricos (4);
- Sistema económico e financeiro (1);
- Monitorização, inventário, cadastros e investigação e desenvolvimento (11);
- Informação e participação das populações (3);
- Avaliação sistemática do Plano (-).

## 6 - PROGRAMAÇÃO DO PLANO

Foram definidos onze programas de investimento, relativos às áreas temáticas consideradas. Os onze programas subdividem-se em 39 sub-programas, os quais enquadram um conjunto de 113 projectos, com um custo global estimado em cerca de 500 milhões de euros, como se apresenta no Quadro 6.

Quadro 6 Plano de investimento do PRAM

CÓD. PROG.	DESIGNAÇÃO DO PROGRAMA	INVESTIMENTO			
		Sub-programa “B” (10 <sup>3</sup> euro)	Sub-programa “C” (10 <sup>3</sup> euro)	Total	
				(10 <sup>3</sup> euro)	%
P1	Abastecimento água às populações e actividades económicas	230 475	73 350	303 825	60,9
P2	Protecção das águas e controlo da poluição	158 542	0	158 542	31,8
P3	Protecção de ecossistemas aquáticos e sistemas naturais relevantes para protecção dos recursos hídricos	16 797	7 875	24 672	4,9

6º SILUSBA – Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa

P4	Prevenção de riscos naturais e induzidos pela actividade humana	4 825	0	4 825	1,0
P5	Ordenamento das ocupações do domínio hídrico	1 510	925	2 435	0,5
P6	Normas e regulamentos de protecção dos recursos hídricos	0	100	100	0,0
P7	Valorização económica e social dos recursos hídricos	0	835	835	0,2
P8	Sistema económico e financeiro	325	0	325	0,1
P9	Monitorização, inventários, cadastros e investigação e desenvolvimento	0	2 717	2 717	0,5
P10	Informação e participação das populações	510	0	510	0,1
P11	Avaliação sistemática do plano	0	425	425	0,1
VALOR TOTAL ORÇAMENTADO		412 984	86 227	499 211	100,0

A programação dos projectos do presente baseou-se nos seguintes critérios principais:

- Conclusão até 2006 da execução dos projectos relativos a incumprimentos da legislação nacional ou comunitária;
- Conclusão até 2006 dos projectos que visam o aprofundamento do conhecimento sobre matérias relevantes ou a atenuação das disfunções ambientais mais significativas;
- Conclusão até 2006 dos projectos que visam a protecção de pessoas e bens em zonas críticas;
- Interiorização das metas temporais fixadas em planos pela Administração Pública Regional para a resolução das carências associadas a infra-estruturas várias com interacção na qualidade dos meios hídricos.

No Quadro 7, apresenta-se o plano de investimentos, discriminado pelos períodos 2003-06, 2007-12 e 2013-20.

Quadro 7 Investimento por programas

CÓD. PROG.	DESIGNAÇÃO DO PROGRAMA	INVESTIMENTO (103 euro)		
		2003/06	2007/12	2013/20
P1	Abastecimento água às populações e actividades económicas	80 232	101 448	122 144
P2	Protecção das águas e controlo da poluição	157 842	700	0
P3	Protecção de ecossistemas aquáticos e sistemas naturais relevantes para protecção dos recursos hídricos	12 652	7 225	4 795
P4	Prevenção de riscos naturais e induzidos pela actividade humana	4 490	335	0
P5	Ordenamento das ocupações do domínio hídrico	2 435	0	0
P6	Normas e regulamentos de protecção dos recursos hídricos	100	0	0
P7	Valorização económica e social dos recursos hídricos	786	40	8
P8	Sistema económico e financeiro	325	0	0
P9	Monitorização, inventários, cadastros e investigação e desenvolvimento	2 703	6	8
P10	Informação e participação das populações	120	180	210
P11	Avaliação sistemática do plano	115	170	140
VALOR TOTAL ORÇAMENTADO		261 801	110 105	127 305
		52,4%	22,1%	25,5%

Na Figura 1 apresenta-se a distribuição do investimento por programas.



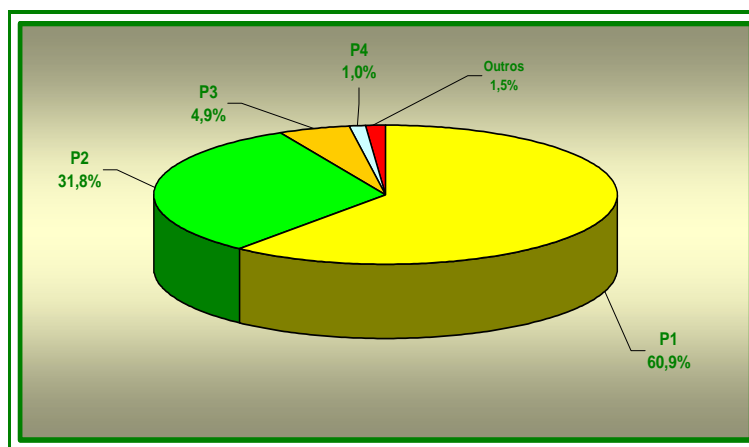


Figura 1 Distribuição do Investimento por Programas

## 7 - PROMOÇÃO, ACOMPANHAMENTO E AVALIAÇÃO DO PLANO

O PRAM propõe que a promoção, acompanhamento e avaliação do Plano seja coordenada por um serviço com competências de Autoridade da Água, que deverá dispor de recursos e capacidades humanas e técnicas adequadas a estas actividades.

A avaliação do Plano deverá ser efectuada de forma sistemática a dois níveis: interno e externo.

A avaliação interna, a efectuar pela Autoridade da Água, pretende avaliar a eficácia das medidas propostas no cumprimento dos objectivos definidos no PRAM, através de indicadores de desempenho (pressão-estado-resposta). A quantificação dos indicadores irá permitir, ao longo do período de desenvolvimento do Plano, dispor de um quadro de caracterização da situação presente e compará-lo com os objectivos propostos para as etapas preconizadas correspondentes a 2003, 2006, 2012 e 2020.

A avaliação externa deverá ser realizada por entidades externas à aplicação do Plano, de modo que possibilite avaliar a execução deste a um nível diferenciado do que decorre das acções de acompanhamento sistemático. Esta avaliação deverá também incidir sobre o cumprimento dos objectivos e a execução financeira.

## 8 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elaboração do PRAM concluiu a primeira fase de planeamento dos recursos hídricos cobrindo todo o território português. Tratou-se de uma fase que foi sujeita a dificuldades diversas, nomeadamente falhas de informação básica, e que constitui um ensaio de metodologias gerais a aplicar a todas as regiões.

No caso particular do PRAM o trabalho realizado foi possível graças ao apoio do Governo Regional e das Autarquias e dos organismos relacionados directa ou indirectamente com os recursos hídricos da RAM, bem como da participação da sociedade civil.

## 9 - AGRADECIMENTOS

A presente comunicação constitui uma síntese do Resumo Não Técnico (2003) elaborado pelo Consórcio PROCESL, PROSISTEMAS e PRIMA com base no trabalho desenvolvido por uma equipa de técnicos, especialistas e consultores e com a intervenção de diversas entidades, entre as quais se salientam a Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais, o IGA - Investimentos e Gestão da Água, S.A.



# PLANO DE ORDENAMENTO DE BACIA HIDROGRÁFICA DE LAGOA UMA ESPECIFICIDADE DA REGIÃO AUTÓNOMA DOS AÇORES

João PORTEIRO

Geógrafo, Professor Auxiliar, Universidade dos Açores, Rua da Mãe de Deus, 9500 Ponta Delgada, [porteiro@notes.uac.pt](mailto:porteiro@notes.uac.pt)

Helena CALADO

Geógrafa, Professora Auxiliar, Universidade dos Açores, Rua da Mãe de Deus, 9500 Ponta Delgada, [calado@notes.uac.pt](mailto:calado@notes.uac.pt)

## RESUMO

No contexto da Região Biogeográfica da Macaronésia, a singularidade hidrológica do Arquipélago dos Açores manifesta-se na quantidade e diversidade de zonas húmidas, onde se destacam as magníficas lagoas que caracterizam a paisagem insular. Nos últimos anos, o protagonismo do modelo económico fixado na produção pecuária com fins industriais conduziu à deterioração da qualidade das reservas lacustres, devido ao incremento das emissões de nutrientes que atingem os planos de água. A eutrofização das lagoas é actualmente considerada uma das principais disfunções ambientais, pelos impactes que tem na economia, paisagem e na preservação dos recursos naturais. Na ausência de suporte legal adequado para implementar um processo de planeamento que respondesse à especificidade deste problema ambiental, a Assembleia Legislativa Regional, aquando da adaptação do regime jurídico dos instrumentos de gestão territorial (Decreto-Lei n.º 380/90, de 20 de Janeiro), transpôs o regime dos Planos de Ordenamento de Albufeiras, que se reportam nesta Região Autónoma aos Planos de Ordenamento de Bacias Hidrográficas de Lagoas, enquanto instrumentos de natureza especial. Ultrapassada a questão jurídica, o Governo Regional, através da Resolução n.º 154/2000, de 12 de Outubro, decidiu elaborar os Planos de Ordenamento das Bacias Hidrográficas das Lagoas das Sete Cidades e Furnas, tendo em vista regulamentar as ocupações do solo e requalificar o ambiente aquático. A presente comunicação incide nos aspectos que marcam a especificidade dos Açores e que condicionam a gestão dos recursos hídricos em territórios insulares. O exemplo da Bacia Hidrográfica das Sete Cidades ilustra uma iniciativa de planeamento inédita em Portugal.

## PALAVRAS CHAVE

Lagoas dos Açores; Planeamento dos Recursos Hídricos; Especificidades Insulares.

## 1 ENQUADRAMENTO

Localizados no Oceano Atlântico Norte, quatro arquipélagos de origem vulcânica, num total de 23 ilhas e 16 ilhotas que ocupam cerca de 15 000 km<sup>2</sup>, constituem a Região Biogeográfica da Macaronésia, designação grega que significa “ilhas afortunadas” (*makarón neseu*). Para além dos Açores, incluem-se os arquipélagos da Madeira, Canárias e Cabo Verde, situados, sensivelmente, entre as latitudes 15° N e 40° N e as longitudes 13° W e 31° W (Figura 1). Com excepção da República de Cabo Verde, todos os restantes arquipélagos foram consagrados como regiões ultraperiféricas no seio da União Europeia, estando assim sujeitas às orientações das políticas comunitárias oriundas de Bruxelas.



*Figura 1 Enquadramento Geográfico da Macaronésia*

O arquipélago dos Açores estabelece o limite setentrional da Macaronésia, situado que está numa faixa limitada pelos paralelos 36° e 39° N e pelos meridianos 24° e 31° W. Comparativamente aos outros arquipélagos, ocupa uma posição mais oceânica, o que se traduz num acentuado isolamento geográfico, pois encontra-se a 1450 km do Continente Europeu e a mais de 3900 km do Continente Americano. Constituído por nove ilhas, agrupadas segundo a proximidade geográfica (Grupos Ocidental, Central e Oriental), apresenta uma orientação geral WNW-ESSE, direcção justificada pelo peculiar enquadramento geodinâmico que caracteriza esta região do Atlântico. O afastamento máximo entre ilhas ultrapassa as 340 milhas náuticas (630 km), distância que separa Santa Maria do Corvo.

Com uma população de 241 763 habitantes (INE/SREA, 2001), os Açores constituem uma Região Autónoma da República Portuguesa, criada pela Lei n.º 39/80, de 22 de Agosto. O estatuto político-administrativo foi consagrado na Constituição da República de 1976. O Governo e a Assembleia Legislativa Regional são as principais instituições autonómicas. Na presente legislatura existem 6 Secretarias Regionais, estando o planeamento e a gestão dos recursos hídricos na competência directa da Secretaria Regional do Ambiente (Direcção Regional do Ordenamento do Território e Recursos Hídricos).

A superfície dos Açores (2334 km<sup>2</sup>) corresponde a cerca de 2,6 % do território de Portugal (88797 km<sup>2</sup>). Porém, as ilhas apresentam dimensões muito desiguais, sendo que, as maiores, São Miguel (745,8 km<sup>2</sup>), Pico (448,4 km<sup>2</sup>) e Terceira (403,4 km<sup>2</sup>), representam quase 70 % do espaço regional. Considerando os critérios da UNESCO (Programa Hidrológico Internacional), que classifica "pequenas ilhas" como superfícies insulares com dimensão inferior a 1000 km<sup>2</sup>, verifica-se que a totalidade das parcelas açoreanas se enquadram nesta definição (AZEVEDO, 1996).

Muito embora se destaquem as analogias biogeográficas que dão unidade às ilhas da Macaronésia, como sejam os modelos de colonização natural (fauna e flora), existem contudo os factores que imprimem alguma diferenciação. Salienta-se, desde logo, o comportamento distinto das variáveis climáticas, pelas oscilações que ocorrem entre os extremos latitudinais (Açores – Cabo Verde). A posição mais setentrional do arquipélago dos Açores reflecte-se nos quantitativos pluviométricos, elevados todo o ano, apesar da maior concentração das chuvas durante o Inverno, devido à passagem das perturbações frontais associadas à

descida da Frente Polar. No extremo oposto, as ilhas de Cabo Verde, situadas em plena zona de convergência intertropical, são caracterizadas pelo clima mais quente e seco, com uma curta estação de chuvas entre Agosto e Outubro.

A abundância de água nos Açores mostra-se um facto incontestável. De acordo com as estimativas do Plano Regional da Água (SRA/INAG, 2001), o balanço hidrológico simplificado para a globalidade do arquipélago demonstra a sua disponibilidade: a precipitação é de 1930 mm, a evapotranspiração potencial atinge 1090 mm, sendo gerados cerca de 690 mm de escoamento superficial e 150 mm de recarga aquífera. É nestas condições específicas que a singularidade hidrológica dos Açores se manifesta, através da quantidade e diversidade de zonas húmidas, como sejam turfeiras, charcos, pauis e, sobretudo, as importantes lagoas permanentes que ocupam as caldeiras dos vulcões centrais (Figuras 2, 3, 4 e 5).



*Figura 2 Lagoa das Sete Cidades (S. Miguel)*



*Figura 3 Lagoa do Fogo (S. Miguel)*



*Figura 4 Lagoa das Furnas (S. Miguel)*



*Figura 5 Lagoa Caldeirão (Corvo)*

No contexto regional, as lagoas são reservas estratégicas de água doce e desempenham funções reguladoras da hidrologia insular. No campo da biodiversidade revelam propriedades inusitadas, com interesse conservacionista, reconhecidas pelas Directivas Comunitárias Aves e Habitats (79/409/CEE e 92/437/CEE, respectivamente). Por tudo isso, representam um valioso património natural que urge preservar. Contudo, nas últimas décadas, a prevalência do modelo económico assente na exploração pecuária, o incremento do efectivo bovino, a ruptura com os métodos de produção tradicionais e a aplicação descuidada de fertilizantes químicos degradaram a qualidade das águas interiores, conduzindo ao processo de eutrofização. Perante o problema, a comunidade científica e a administração pública regional reuniram

esforços que visam assegurar a recuperação do frágil equilíbrio ecológico que caracteriza os ecossistemas lacustres regionais.

A eutrofização (cultural ou antropogénica) resulta do enriquecimento dos meios hídricos em nutrientes (fósforo e azoto) que promovem o crescimento acelerado da vegetação aquática. Os impactes manifestam-se nas comunidades biológicas e nos padrões de qualidade da água, inviabilizando a sua utilização para os usos mais exigentes. O conceito admite vários estádios evolutivos, mencionados por ordem crescente de degradação ambiental: oligotrófico, mesotrófico e eutrófico. Nas situações extremas, designam-se por lagos ultraoligotróficos e hipertróficos.

## 2 AMBIENTES LACUSTRES DOS AÇORES

### 2.1 Importância Estratégica

As lagoas dos Açores desempenham funções vitais na manutenção e funcionamento dos sistemas naturais do arquipélago. Essa importância pode ser resumida em oito tópicos genéricos (PORTEIRO, 2000): regularização e estabilização do regime hidrológico das ilhas, com efeitos “amortecedores” na precipitação com carácter torrencial; recarga contínua e aproximadamente uniforme dos aquíferos, nascentes e dos cursos de água (RODRIGUES, 1995); biótopo natural com interesse conservacionista, pela elevada biodiversidade (DIAS, 1996); ecossistema de suporte a espécies e comunidades de zonas húmidas (CONSTÂNCIA *et al.*, 1997); *habitat* indispensável à sobrevivência de avifauna protegida ao abrigo das convenções internacionais (LE GRAND, 1983); reserva estratégica de água doce, com potencial para utilizações múltiplas (SRA/INAG, 2001); elemento singular da paisagem das ilhas (valor cénico); local aprazível para recreio das populações locais e visitantes (turismo).

### 2.2 Génese e evolução

Segundo FALKLAND e CUSTÓDIO (1991), em pequenas ilhas de origem vulcânica não é comum existirem massas de água superficiais com dimensão significativa. Contudo, quando se conjugam factores que conduzem à saturação hídrica dos níveis superiores do solo (climáticos, hidrológicos, geomorfológicos e pedológicos), formam-se planos de água, permanentes e/ou temporários. Neste aspecto, as ilhas dos Açores revelam aspectos singulares, considerando a dimensão de algumas lagoas e a diversidade de zonas húmidas. Os condicionalismos naturais que explicam a existência das lagoas são os seguintes (AZEVEDO, 1998; PORTEIRO, 2000):

- abundância de precipitação (2500-4000 mm), bem distribuída ao longo do ano e sem quebras estivais acentuadas. Temperatura moderada e evaporação reduzida. O fluxo contínuo de água é fundamental para a manutenção do nível de inundaçãõ. Tais condições imperam no interior acidentado das ilhas;
- ocorrência de depressões endorreicas, com fundos impermeabilizados. A morfologia dos aparelhos eruptivos exerce um papel determinante na formação de zonas húmidas. A posição cimeira que ocupam, no topo de importantes maciços vulcânicos, proporciona apreciáveis *inputs* hídricos (zona de nevoeiros);
- transporte fluvial de partículas finas (cinzas, poeiras, areias e *lapilli*) que se acumulam nas depressões endorreicas. Os fragmentos mobilizados difundem-se no interior da bacia, sedimentando o fundo em camadas estratificadas com espessura e composição variável;
- alteração dos materiais piroclásticos de granulometria fina depositados nas depressões endorreicas. A porosidade destes materiais promove a degradação química dos constituintes primários. Em

condições específicas, marcadas pela baixa temperatura e grande humidade, formam-se argilas, que impermeabilizam o fundo com relativa rapidez;

- ocupação permanente do solo por cobertos vegetais cuja estrutura favorece a captação de nevoeiros e o armazenamento de importantes volumes hídricos. Numerosas lagoas e charcos devem a sua existência às funções regularizadoras do *Sphagnum sp.*

## 2.3 Inventário

Nos Açores foram registadas 88 lagoas (Quadro 1), caso único no contexto da Macaronésia (PORTEIRO, 2000). Encontram-se distribuídas desigualmente por cinco das nove ilhas do arquipélago: São Miguel reúne a maior percentagem de ocorrências (37,5 %) e concentra 87,7 % da superfície lacustre regional (Figura 6). Estima-se que o volume de água doce disponível seja próximo dos  $90 \cdot 10^6 \text{m}^3$ , do qual quase metade corresponde à capacidade de armazenamento das lagoas Azul e Verde das Sete Cidades (São Miguel).

**Quadro 1 Distribuição dos recursos lacustres no arquipélago dos Açores**

Lagoas	Sma	Smi	Ter	Gra	Sjo	Pic	Fai	Flo	Cor	Açores
nº	-	33	18	-	-	28	-	8	1	88
%	-	37.5	20.4	-	-	32.0	-	9.1	1.0	100
hectares	-	834	6	-	-	16	-	72	25	953
%	-	87.5	0.6	-	-	1.7	-	7.6	2.6	100
V ( $10^3 \text{m}^3$ )	-	78929	25	-	-	232	-	10655	156	89998
%	-	87.7	0.02	-	-	0.3	-	11.8	0.1	100

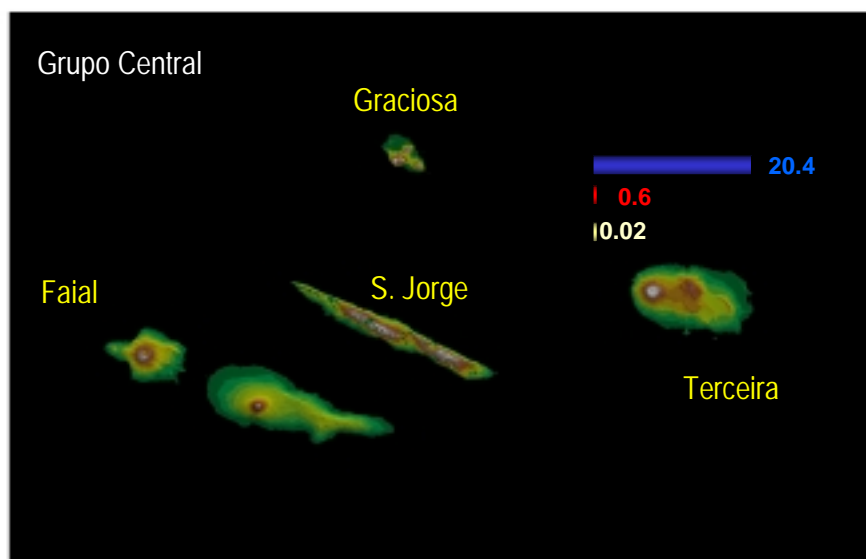
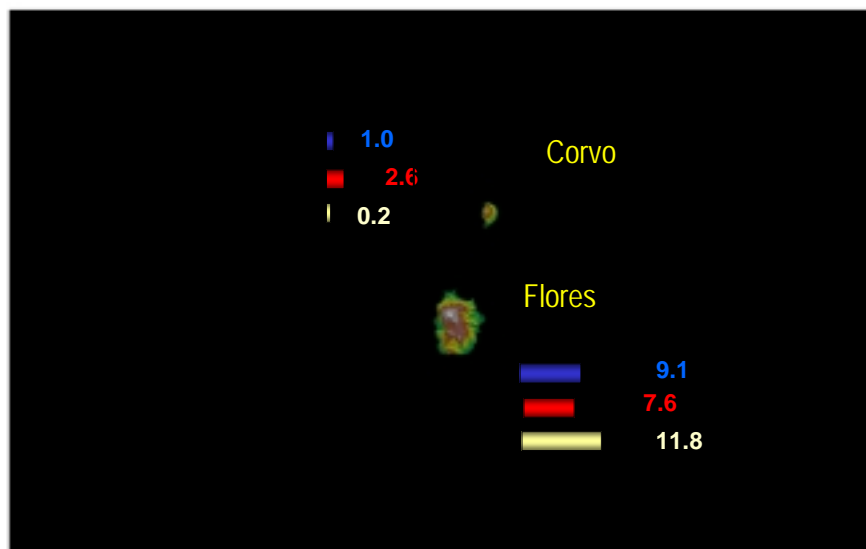


Figura 6 Representação percentual dos recursos lacustres no arquipélago dos Açores

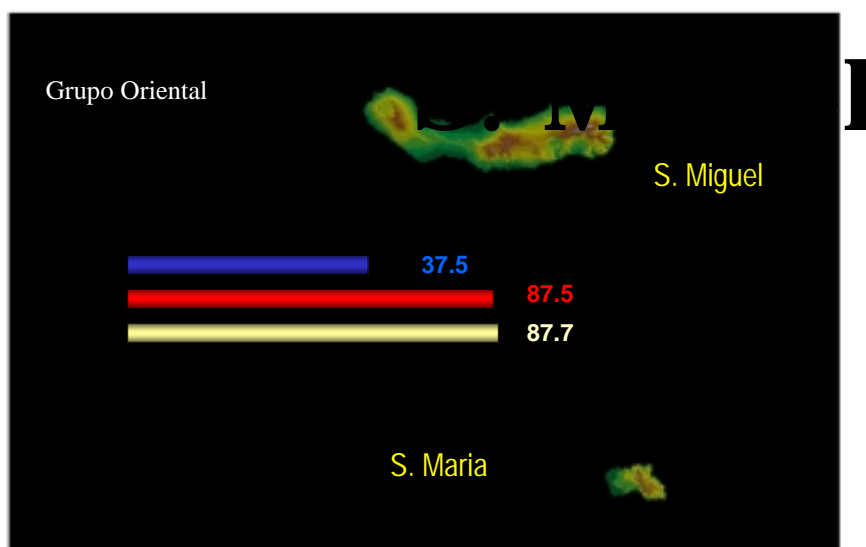


Figura 6 Representação percentual dos recursos lacustres no arquipélago dos Açores (Cont.)



### 3 SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA

A vulnerabilidade das lagoas dos Açores, face às pressões que as actividades humanas exercem na quantidade e qualidade da água, fazem com que estas se debatam com problemas de difícil resolução, sendo a eutrofização a principal incidência ambiental. O fenómeno em causa é inegavelmente favorecido pelas características biofísicas das lagoas, nomeadamente: a pequena dimensão da generalidade das massas de água, o que se manifesta na elevada sensibilidade a qualquer tipo de agressão; a reduzida espessura da camada impermeável, susceptível a ruptura provocada pela circulação de equipamento agrícola; o declive acentuado das vertentes das bacias hidrográficas, o que favorece a erosão e conseqüente assoreamento das margens; a prevalência do escoamento difuso, o que dificulta o controlo das entradas de nutrientes. No entanto, o processo de eutrofização seria muito lento, se não houvesse a considerar uma componente antropogénica com significado crescente (U.N.L., 1991).

#### 3.1 Pressões

Os factores culturais com maiores impactes na qualidade das lagoas sistematizam-se nos seguintes tópicos: alargamento generalizado das pastagens, ao ponto de corresponderem, globalmente, a 87 % da SAU dos Açores (mais de 35 % da área das bacias são pastagens); intensificação da actividade agro-pecuária, verificando-se um encabeçamento médio de 1,9 Cabeças/ha de SAU; desflorestação acentuada das bacias hidrográficas (arroteamentos para instalação de pastagens permanentes); abertura de estradas e de caminhos de penetração (destabilização de vertentes); erosão dos solos instáveis (assoreamento dos planos de água); incremento da carga animal (pisoteio, contaminação físico-química e fecal e deposição de matéria orgânica); aplicação excessiva e inadequada de agro-químicos (fertilizantes e pesticidas); captação descontrolada das lagoas para abastecimento das explorações pecuárias (22 das 88 lagoas inventariadas); acesso do gado às margens para abeberamento, provocando contaminação fecal e orgânica (46 das 88 lagoas inventariadas); ruptura sistemática das camadas impermeáveis (alteração do regime hidrológico e regressão do nível de inundação); implantação de florestas de produção, com conseqüente perda de *habitats* (redução da biodiversidade); e descarga contínua de efluentes agrícolas, ricos em nutrientes e em matéria orgânica oxidável.

Do que foi dito, é possível concluir que a eutrofização é um problema que resulta, em grande medida, do exercício de uma actividade produtiva não ajustada aos condicionalismos biofísicos das bacias hidrográficas das lagoas dos Açores.

#### 3.2 Estado

O estado do ambiente nos Açores passou a constituir motivo de preocupação com o aparecimento de sinais inequívocos de uma utilização insustentável dos recursos naturais. Relativamente às águas interiores, as primeiras referências sobre o problema da eutrofização remontam à década de 80 do século passado (MEDEIROS *et al.*, 1983; CUNHA, 1986; OLIVEIRA, 1989). Todavia, foi a divulgação das campanhas de monitorização da qualidade das águas das principais lagoas do arquipélago (UNL, 1991; INOVA, 1996 e 1999) que chamou à atenção da administração regional e da comunidade científica para os impactes indesejáveis da actividade pecuária nos ecossistemas aquáticos. As populações locais estão conscientes da situação e são sensíveis aos sintomas de poluição que as lagoas exibem durante o Verão, sempre que ocorrem crescimentos excessivos de plantas aquáticas.

A avaliação do estado trófico das lagoas dos Açores, utilizando o sistema de classificação da OCDE (INAG, 1998), revela um panorama pouco favorável (Quadro 2). Tendo como referência os indicadores mais recentes (INOVA, 1999), sabe-se que a concentração média dos nutrientes nas águas lacustres atinge valores característicos de meios aquáticos em transição para o estado de eutrofia (*ex.* fósforo 0,032 mg/l). A tendência de evolução evidencia o crescimento da actividade fotossintética, parâmetro indicativo da grande produtividade das comunidades fitoplanctónicas (*ex.* clorofila *a* 13 mg/l).

Quadro 2 Classificação do Estado Trófico das Lagoas dos Açores

Designação	Estado Trófico (OCDE, 1982)		
	Fósforo	Clorofila a	Disco de Secchi
<b>São Miguel</b>			
Lagoa do Caldeirão - Norte	M	-	-
Lagoa do Caldeirão - Sul	M	M	-
Lagoa do Caldeirão da Vaca Branca	E	-	-
Lagoa do Canário	M	M	E
Lagoa do Carvão	M	M	-
Lagoa do Congro	E	E	E
Lagoa das Éguas - Norte	M	M	HE
Lagoa das Éguas - Sul	E	E	-
Lagoa das Empadadas - Norte	M	E	E
Lagoa das Empadadas - Sul	M	M	E
Lagoa do Fogo	M	M	M
Lagoa das Furnas	E	HE	HE
Lagoa do Peixe	E	HE	-
Lagoa Rasa	M	M	-
Lagoa de São Brás	E	HE	HE
Lagoa das Sete Cidades - Azul	M	M	E
Lagoa das Sete Cidades - Verde	M	E	E
<b>Terceira</b>			
Lagoa do Negro	M	E	HE
<b>Pico</b>			
Lagoa do Caiado	M	O	E
Lagoa do Capitão	E	M	HE
Lagoa do Landroal	E	-	-
Lagoa do Paúl	M	O	HE
Lagoa do Peixinho	E	HE	HE
Lagoa Rosada	E	M	E
Lagoa Sêca	M	M	E
<b>Flores</b>			
Lagoa Comprida	M	O	E
Lagoa Funda	M	E	E
Lagoa da Lomba	M	M	M
Lagoa Rasa	M	O	M
<b>Corvo</b>			
Lagoa do Caldeirão	M	O	HE

Fonte: PORTEIRO, 2000

HE - HIPERTRÓFICO; E - EUTRÓFICO; ME - MESO-EUTRÓFICO; M - MESOTRÓFICO; O - OLIGOTRÓFICO;  
 UO - ULTRA-OLIGOTRÓFICO

No que diz respeito à concentração de fósforo, verifica-se que 10 lagoas podem ser classificadas como eutróficas-hipertróficas e 20 como mesotróficas, não existindo qualquer lagoa oligotrófica. Pela concentração de clorofila *a*, 10 lagoas encontram-se eutrófica-hipertrófica, 12 mesotróficas e cinco podem ser consideradas oligotróficas. Por fim, pela profundidade do Disco de Secchi (transparência), 19 lagoas apresentam-se eutróficas-hipertróficas e três mesotróficas, nenhuma oligotrófica. Assim sendo, estima-se que o volume de água doce em risco de deterioração ultrapasse 90 % das reservas lacustres regionais.

### 3.3 Respostas

O estado das lagoas dos Açores tem provocado reacções nos mais diversos sectores da sociedade, originando pressões sobre os organismos de decisão, exigindo destes a tomada de medidas para a resolução do problema da eutrofização. Esta situação levou o Governo Regional a procurar soluções para requalificar as lagoas regionais. A protecção das massas de água e o ordenamento das bacias hidrográficas tornou-se uma exigência inadiável, mas que, até à sua efectivação, houve um longo percurso, marcado pelas vicissitudes de um processo inovador e complexo.

Em momentos consecutivos, a administração apresentou publicamente dois programas estratégicos: Plano de Acção para o Controlo da Eutrofização das Lagoas das Furnas e das Sete Cidades (SRAPA/DRA, 1999); e Plano Operacional de Requalificação Ambiental de Lagoas - PORAL (SRA/DROTRH, 2000). O primeiro pretendia disciplinar as actividades exercidas nas bacias hidrográficas e valorizar os planos de água; o segundo assumiu algum distanciamento em relação à tomada de medidas preventivas. O PORAL, com os reajustamentos introduzidos na versão inicial, permanece em fase de implementação, enquanto que o primeiro, apesar de inconsequente nas medidas que estabelecia, teve a virtude de desbloquear o processo de planeamento que conduziu à Resolução n.º 154/2000, de 12 de Outubro (Elaboração dos Planos de Ordenamento das Bacias Hidrográficas das Lagoas das Furnas e Sete Cidades).

## 4 PLANO DE ORDENAMENTO DE BACIA HIDROGRÁFICA DE LAGOA

Passados quase 20 anos sobre os primeiros estudos que alertaram para a necessidade de proteger as lagoas dos Açores, surgem agora as iniciativas institucionais que visam um controlo efectivo do processo de eutrofização. Na sequência dos estudos realizados pela Universidade dos Açores (UA, 1998a e 1998b), assistiu-se a uma alteração de fundo na estratégia de intervenção, quando foi proposta a elaboração de um Plano de Ordenamento de Bacia Hidrográfica de Lagoa. A questão colocava-se na adopção do regime jurídico dos Planos de Ordenamento de Albufeiras de Águas Públicas (Decreto Regulamentar n.º 2/88, de 20 de Janeiro), enquanto Planos Especiais de Ordenamento do Território (PEOT) que serviam os objectivos definidos, em particular o controlo dos usos não urbanos nas Zonas Reservada e de Protecção. Com rigor, não era apenas a disciplina das utilizações das lagoas nem o ordenamento das margens envolventes que estavam em causa, mas sobretudo o controlo do problema da eutrofização. O facto de haver populações residentes e dependentes economicamente das actividades que exercem nas respectivas bacias hidrográficas levantou questões de natureza económica, jurídica e social, relacionadas com um modelo alternativo de ocupação territorial.

Como é conhecido, não existem albufeiras nos Açores, pelo que a administração regional estava privada de uma figura de ordenamento territorial. Contudo, quando se adaptou à Região Autónoma dos Açores o Decreto-Lei n.º 380/99, de 22 de Setembro, relativo ao regime jurídico dos instrumentos de gestão territorial, foi colmatada esta lacuna. O Decreto Legislativo Regional n.º 14/2000/A, de 23 de Maio, prevê no artigo n.º 19 que “as referências feitas no Decreto-Lei n.º 380/99, de 22 de Setembro, aos Planos de Ordenamento de Albufeiras reportam-se também aos Planos de Ordenamento das Bacias Hidrográficas de Lagoas, enquanto instrumentos de natureza especial de gestão territorial”. Finalmente, passou a haver um suporte legal para conduzir o processo de planeamento nas bacias hidrográficas das lagoas, pelo que, presentemente, encontram-se em elaboração os Planos de Ordenamento das Lagoas das Furnas e Sete Cidades.

Para além da questão legal, em todo este processo sobressaem pontos inovadores, não só resultantes das exigências do Caderno de Encargos do Concurso Público lançado em 2001, mas também da proposta metodológica da equipa responsável pelo Plano de Ordenamento das Sete Cidades. Ao nível da originalidade do Caderno de Encargos deve destacar-se a necessidade de elaboração de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) para apoiar a implementação e a monitorização do plano. Por outro lado, prevê a avaliação do impacte ambiental do modelo de intervenção proposto. No que respeita à proposta da equipa do plano, merecem especial ênfase a introdução da metodologia multicritério de apoio à selecção do cenário de desenvolvimento mais apropriado para a bacia hidrográfica, bem como a elaboração de um plano de

monitorização e de participação pública. A conclusão dos estudos está prevista para o primeiro semestre de 2004.

## AGRADECIMENTOS

Estudo parcialmente Financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (POCTI/GEO/42554/2001) (Classificação das Lagoas dos Açores e modelos de gestão de bacias hidrográficas)

## BIBLIOGRAFIA

- AZEVEDO, E. - *Modelação do clima insular à escala local. Modelo CIELO aplicado à ilha Terceira*. Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Ciência Agrárias. Angra do Heroísmo (Portugal), Universidade dos Açores, 1996.
- AZEVEDO, J. - *Geologia e Hidrogeologia da Ilha das Flores (Açores - Portugal)*. Dissertação para a obtenção do Grau de Doutor em Hidrologia (Vol. I-II). Coimbra (Portugal), Universidade de Coimbra, 1998
- CONSTÂNCIA, J.; BRAGA, T.; NUNES, J.; MACHADO, E.; SILVA, L. - *Lagoas e Lagoeiros da Ilha de São Miguel*. Ponta Delgada (Portugal) Associação Ecológica Amigos dos Açores. Ponta Delgada (Portugal), Associação Ecológica Amigos dos Açores, 1997.
- CUNHA, R. T. - *Estudo da bacia hidrográfica das Sete Cidades - Análise biofísica e análise do ecossistema lagunar*. Ponta Delgada (Portugal), Secretaria Regional do Equipamento Social, 1986.
- DIAS, E. - *Vegetação Natural dos Açores - Ecologia e Sintaxonomia das Florestas Naturais*. Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Ciências Agrárias. Angra do Heroísmo (Portugal), Universidade dos Açores, 1996.
- FALKLAND, A.; CUSTÓDIO, E. - *Hydrology and water resources of small islands: a practical guide*. Falkland, A. (Ed.). UNESCO, 1991.
- INE/SREA - *XIV Recenseamento Geral da População, IV Recenseamento Geral da Habitação*. Resultados Definitivos – Região Autónoma dos Açores. Lisboa (Portugal), Instituto Nacional de Estatística, 2001.
- INOVA - *Análise das Águas da Região Autónoma dos Açores*. Ponta Delgada (Portugal), Instituto de Inovação tecnológica dos Açores, 1999.
- INOVA - *Análise das Águas da Região Autónoma dos Açores. Relatório Final*. Ponta Delgada (Portugal), Instituto de Inovação tecnológica dos Açores, 1996.
- LE GRAND, G. – “Check list of the birds of the Azores”. *Arquipélago - Série Ciências da Natureza*, 4, 1983, pp. 49-58.

- MEDEIROS, J.; FLORES, G.; RIBEIRO, F. - *Dados preliminares sobre o estado trófico da Lagoa das Sete Cidades*. Ponta Delgada (Portugal), Universidade dos Açores, 1983.
- OLIVEIRA, M. - *Estrutura das comunidades de fitoplâncton nas lagoas das Sete Cidades, Açores*. Lisboa (Portugal), Instituto Nacional de Investigação das Pescas, 1989.
- PORTEIRO, J. - *Lagoas dos Açores - Elementos de Suporte ou Planeamento Integrado*. Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Geografia. Ponta Delgada (Portugal), Universidade dos Açores, 2000.
- RODRIGUES, R. - *Hidrologia de ilhas vulcânicas*. Dissertação para a obtenção do Grau de Especialista. Lisboa (Portugal), Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1995.
- SRA/DROTRH - *PORAL - Plano Operacional de Requalificação Ambiental de Lagoas*. Ponta Delgada (Portugal), Secretaria Regional do Ambiente, Direcção Regional do Ordenamento do Território e Recursos Hídricos, 2000.
- SRA/INAG - *Plano Regional da Água: Relatório Técnico – Versão para Consulta Pública*. Lisboa (Portugal), Secretaria Regional do Ambiente, Direcção Regional do Ordenamento do Território e Recursos Hídricos, Instituto da Água, 2001.
- SRAPA/DRA - *Plano de Acção para o Controlo da Eutrofização das Lagoas das Furnas e das Sete Cidades*. Ponta Delgada (Portugal), Secretaria Regional da Agricultura, Pescas e Ambiente, Direcção Regional do Ambiente, 1999.
- UA - Plano de Ordenamento da Bacia Hidrográfica da Lagoa das Sete Cidades e Furnas, 1ª Fase - Considerações Preliminares I. Ponta Delgada (Portugal), Universidade dos Açores, Departamento de Biologia, Secção de Geografia, 1998.
- UA - Plano de Ordenamento da Bacia Hidrográfica da Lagoa das Sete Cidades e Furnas, 1ª Fase - Estudos de Caracterização II. Ponta Delgada (Portugal), Universidade dos Açores, Departamento de Biologia, Secção de Geografia, 1998.
- UA - Plano de Ordenamento da Bacia Hidrográfica da Lagoa das Sete Cidades e Furnas, 1ª Fase - Análise e Diagnóstico III. Ponta Delgada (Portugal), Universidade dos Açores, Departamento de Biologia, Secção de Geografia, 1998.
- UA - Plano de Ordenamento da Bacia Hidrográfica da Lagoa das Sete Cidades e Furnas, 1ª Fase - Pré-Proposta de Ordenamento IV. Ponta Delgada (Portugal), Universidade dos Açores, Departamento de Biologia, Secção de Geografia, 1998.
- UNL - O controlo da eutrofização nas Lagoas de S.Miguel - Açores. Parte I - As lagoas das Sete Cidades. Parte II - A lagoa das Furnas. Parte III - A lagoa do Fogo. Lisboa (Portugal), Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente da Universidade Nova de Lisboa, 1991.



# **GESTÃO DA ALBUFEIRA DE CAHORA BASSA INTEGRADA NO SISTEMA DE ALBUFEIRAS EXISTENTES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ZAMBEZE**

**Nuno Miguel de A. HENRIQUES**

Engenheiro Civil (IST), Colaborador da Hidrotécnica Portuguesa, HP, Rua São Francisco Xavier nº21, 2725-445 Mem-Martins, nuno-henriques@mail.pt

**Emídio Gil SANTOS**

Professor Associado da SHRHA do DECivil do IST. Av. Rovisco Pais 1049-001 Lisboa, emidio@civil.ist.utl.pt

## **Resumo**

A albufeira de Cahora Bassa no rio Zambeze localiza-se mais a jusante relativamente às restantes albufeiras criadas na sua bacia hidrográfica.

Neste estudo apresenta-se a optimização da curva guia de Cahora Bassa que permite o aumento da potência instalada de cinco para oito grupos de 415 MW. A maior utilização do volume da albufeira para produção hidroelétrica resulta num menor volume de amortecimento disponível o que implica o aumento da capacidade de descarga, que também se estudou.

As séries de escoamento anuais e mensais necessárias para o estudo hidroenergético revelaram-se temporalmente dependentes pelo que a sua modelação se situa no âmbito da modelação estocástica.

Utilizaram-se séries sintéticas de escoamentos mensais permitindo uma análise mais precisa da garantia associada a cada estratégia de exploração. Geraram-se séries sintéticas de escoamentos anuais, utilizando um modelo ARMA (2,1) dada a elevada dependência verificada e os valores anuais assim obtidos foram desagregados em valores mensais utilizando-se o método dos fragmentos.

Verificou-se a preservação das características estatísticas da série anual, média, covariância e assimetria bem como a preservação das médias, covariâncias e assimetrias mensais.

A metodologia proposta que se baseia na simulação da exploração da albufeira utilizando as séries sintéticas geradas permitiu avaliar a potência adicional a instalar na Central Norte e o aumento de vazão na descarga de cheias que se tornou necessário.

Os resultados obtidos confirmam a metodologia proposta como um processo recomendável para a resolução de problemas do tipo do analisado.

## **Palavras chave**

Hidrologia estocástica, desagregação, método dos fragmentos, gestão de albufeiras, curva guia.

## Introdução

Conforme concebida, a exploração da albufeira de Cahora Bassa tem estado sujeita aos condicionamentos impostos por curvas guia de segurança hidráulica que obrigam, no início dos meses de Fevereiro, Março e Abril, a manter o nível das águas abaixo de determinadas cotas, por forma a garantir suficiente encaixe para eventuais cheias futuras, com a conseqüente perda de energia por descargas antecipadas e redução de queda. O aumento da potência instalada, através da Central Norte, vai exigir, por razões de rendibilidade e segurança, maior flexibilidade na exploração da albufeira, o que permite antever a necessidade de dotar o aproveitamento de um sistema de descarga adicional ao existente.

O acréscimo da capacidade de descarga em Cahora Bassa tenderá a aproximar os caudais de cheia ao regime natural do rio, sem contudo, em época de cheias, atingir o caudal de cheia natural, que sofrerá sempre significativo amortecimento ao se propagar na albufeira.

O aumento de potência proposto consiste em três grupos de 415 MW a instalar numa nova centra, na margem esquerda, a Central Norte.

A utilização acrescida da água significa a necessidade de aumentar o volume útil para garantir a produção de energia ao nível desejado. Este aumento do volume útil implica a correspondente redução do volume de amortecimento, que por sua vez se traduz numa situação de risco, pois para a cheia de cálculo e com o descarregador actual pode ocorrer o galgamento da barragem. Tornou-se assim necessário aumentar a capacidade de descarga de modo a evitar o galgamento.

O aumento da potência instalada em Cahora Bassa leva ao estabelecimento duma nova regra de operação da albufeira e à implantação da capacidade de descarga adicional. O novo nível de pleno armazenamento a estabelecer originará uma certa energia produtível e uma correspondente capacidade de descarga adicional, mais energia produtível implica maior capacidade de descarga.

A solução do problema anteriormente referido, aliado à limitação da informação disponível leva à existência dum nível de incerteza elevado.

Uma maneira de diminuir a incerteza recorre à utilização de séries sintéticas de escoamento que reproduzindo as características estatísticas das séries históricas permitem uma melhor utilização da informação disponível, nomeadamente por proporcionarem sucessões de anos secos ou húmidos mais desfavoráveis do que os que se verificaram.

Assim, geraram-se séries sintéticas de escoamentos anuais que foram desagregadas nas séries de escoamentos mensais por sua vez utilizadas na simulação de exploração da albufeira nas várias condições, o que permitiu a determinação do número de grupos a instalar, do NPA e da correspondente capacidade de descarga.

Para verificar a capacidade de descarga utilizou-se uma cheia de calculo nas condições mais desfavoráveis, isto é a albufeira no NPA. Esta cheia de calculo foi obtida por uma análise da bacia hidrográfica de Cahora Bassa, dividida nas sub-bacias em que existem dados de escoamento.

## Modelação

### Considerações gerais

No estudo em análise identificaram-se duas situações distintas. Primeiro a necessidade de determinar uma cheia de cálculo com o período de retorno  $T$  de 5 000 anos para possibilitar o dimensionamento da capacidade de descarga adicional relativamente aos órgãos de descarga existentes.

Em segundo lugar a determinação do aumento de potência a instalar de modo a aproveitar da melhor forma o potencial energético da albufeira de Cahora Bassa.

Em qualquer dos casos tem que se utilizar escoamentos mensais, que nas situações em estudo são suficientes como grau de discretização tendo em conta a área das bacias hidrográficas envolvidas.

As normas para o dimensionamento dos descarregadores de cheia impõem que apenas estes sejam considerados no estudo da propagação da cheia nas albufeiras correspondentes, não se podendo assim considerar o escoamento adicional representado pela turbinagem ou pelas descargas de fundo.

São conhecidas as séries de escoamento afluente às várias sub-bacias que integram a bacia total de Cahora Bassa bem como os escoamentos afluentes a Cahora Bassa.



Os escoamentos afluentes a Cahora Bassa incorporam o funcionamento de descargas de fundo e turbinagens nos aproveitamentos a montante, tornando assim muito difícil a utilização desta série para obter a cheia de dimensionamento. Uma situação adicional são as diferentes datas em que os aproveitamentos de Kariba, Kafue Gorge e Cahora Bassa entraram em funcionamento pelo que os dados da série não são necessariamente homogêneos.

A solução encontrada foi considerar a bacia hidrográfica de Cahora Bassa dividida nas sub-bacias em que existem aproveitamentos ou onde se conhecem os escoamentos. Estas sub-bacias são Kariba, Kafue Gorge, Luangwa Bridge e Cahora Bassa.

Assim consideraram-se os escoamentos afluentes a estas sub-bacias a montante das albufeiras e estes foram propagados nestas tendo em atenção o balanço hídrico e os órgãos de descarga de cheias e admitindo que as albufeiras se encontravam no nível de pleno armazenamento.

A cheia de cálculo foi obtida recorrendo à utilização de séries sintéticas nos quatro locais indicados, obtendo-se o escoamento afluente a Cahora Bassa pela soma das componentes propagadas nas albufeiras e nos troços de rio correspondentes.

A cheia de cálculo foi obtida pela simultaneidade das condições nas sub-bacias o que introduziu algum sobre dimensionamento que é no entanto razoável tanto mais que por inspecção dos dados existentes se verifica que esta hipótese corresponde à realidade na maioria dos casos.

No estudo do aumento de potência utilizou-se a série dos escoamentos afluentes a Cahora Bassa de 1931 a 2001 que engloba a totalidade das infra-estruturas em funcionamento.

Havia assim a necessidade de gerar séries sintéticas de escoamentos mensais nas quatro sub-bacias e na bacia total.

As séries de escoamentos mensais apresentam uma estrutura de dependência no tempo pelo que houve necessidade de uma modelação estocástica.

Utilizou-se o modelo de desagregação que é constituído por duas etapas, na primeira geram-se os escoamentos anuais representados por um modelo apropriado, na segunda desagregam-se os valores anuais obtidos nos valores mensais.

A desagregação dos valores anuais nos valores mensais efectuou-se pelo método dos fragmentos (Santos, 1983) que preserva os parâmetros estatísticos das séries históricas mensais e a distribuição do escoamento dentro do ano.

### Modelação das séries anuais

As séries de escoamentos anuais 1931 a 2001 nas quatro sub-bacias mostraram-se razoavelmente independentes no tempo pelo que se adoptou um modelo baseado na distribuição de probabilidades da série de escoamentos.

A distribuição utilizada foi a log-normal acoplada à transformação inversa de Wilson e Hilferty (1931), o que originou o seguinte procedimento para obtenção das séries sintéticas

- primeiro geram-se números com distribuição normal de média nula e variância unitária  $u_i, N(0,1)$ .
- em seguida obtêm-se números com a assimetria dos logaritmos da amostra utilizando-se a transformação inversa de Wilson e Hilferty

$$Z_i = \left\{ \left[ \frac{g}{6} \times (u_i - g/6) + 1 \right]^3 - 1 \right\} \times 2/g$$

onde  $g$  é a assimetria dos logaritmos da amostra

- seguidamente determina-se

$$y_i = \bar{y} + z_i s_y$$

onde

$\bar{y}$  - média dos logaritmos da amostra

$s_y$  - desvio padrão dos logaritmos da amostra

- por último obtém-se  $x_i = e(y_i)$

A série de escoamentos anuais afluentes a Cahora Bassa revelou-se dependente no tempo o que não é de estranhar dado a dimensão da área da bacia hidrográfica com cerca de 1050 000 Km<sup>2</sup>

Neste caso a modulação tinha de ser estocástica, pelo que tendo em conta a longa memória temporal da série o modelo ARMA (2,1) mostrou-se uma solução razoável. A transformação logarítmica utilizou-se como forma de ter em conta a assimetria da amostra.

A formulação do modelo é a seguinte:

- primeiro efectua-se a transformação logarítmica

$$y_i = \ln(x_i)$$

- em seguida transforma-se a série para média nula

$$y_i = y_i - \bar{y}$$

onde

- $\bar{y}$  - média dos logaritmos da amostra
- o modelo ARMA (2.1) vêm

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} - \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t$$

onde

$y_t$  - variável de média nula e variância  $s^2 y$

$\phi_1, \phi_2$  - parâmetros auto regressivos

$\theta_1$  - parâmetro de média móvel

$\varepsilon_t$  - resíduos independentes normalmente distribuídos de média nula e variância  $s^2 \varepsilon$

O procedimento para obtenção das séries sintéticas é o seguinte

- primeiro geram-se números em distribuição normal da média nula e variância unitária  $u_i \sim N(0,1)$
  - em segundo lugar obtém-se
- $$\varepsilon_t = u_i s_\varepsilon$$
- em terceiro lugar obtém-se

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} - \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t$$

onde os valores do 2º membro da equação para além de  $\varepsilon_t$  ou foram estimados, caso de  $\phi_1, \phi_2$  e  $\theta_1$  ou são os do passo anterior, caso de  $y_{t-1}, y_{t-2}$  e  $\varepsilon_{t-1}$

- em quarto lugar recupera-se o valor da média, ou seja

$$y_t = y_t + \bar{y}$$

- por último

$$x_t = e(y_t)$$

### Modelação das séries mensais

As séries mensais de escoamento foram obtidas por desagregação das séries anuais pelo Método dos Fragmentos.

A aplicação do Método dos Fragmentos faz-se de acordo com a seguinte metodologia

- Determinação dos fragmentos  
Um fragmento de um dado ano correspondente aos 12 valores obtidos pela divisão dos escoamentos mensais desse ano pelo respectivo escoamento mensal médio. Para a série histórica de escoamentos obtêm-se assim, um conjunto de fragmentos igual ao número de anos de série.
- Ordenação dos fragmentos

Os vários fragmentos são então ordenados pelo valor do respectivo escoamento anual e por intervalos de incidência . Se para um dado intervalo se verificar a existência de mais de um fragmento, então na fase de geração recorre-se a uma escolha aleatória sem reposição, até se esgotar os fragmentos existentes após o que se volta ao início

- Determinação dos valores mensais do escoamento de um dado ano  
Para cada valor de escoamento anual gerado, identifica-se o correspondente fragmento, ou seja o fragmento do respectivo intervalo de incidência. Os valores do escoamento mensal desse ano obtêm-se multiplicando o valor do escoamento mensal médio gerado pelo fragmento escolhido.

## RESULTADOS OBTIDOS

### Onda de cheia de dimensionamento

Com base no que foi anteriormente exposto determinou-se a onda de cheia com período de retorno  $T$  de 5 000 anos afluente à albufeira de Cahora Bassa que se apresenta na Figura 1.

Apresentam-se também as ondas de cheia de maior magnitude registadas em Cahora Bassa, com destaque para a onda de cheia de 1978, ano em que a barragem já se encontrava em funcionamento e em que o escoamento anual foi de 170 089 hm<sup>3</sup> .

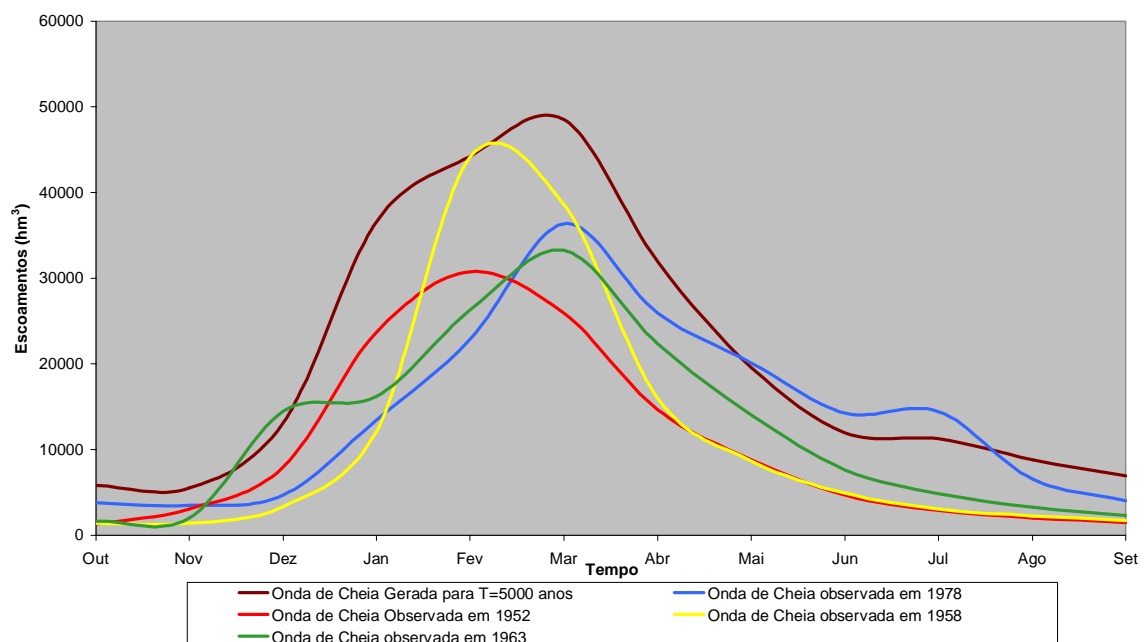


Figura 1 – Onda de cheia gerada afluente à Albufeira de Cahora Bassa com um período de retorno  $T$  de 5 000 anos e um escoamento anual de 244 263 hm<sup>3</sup> e ondas de cheia mais significativas.

Como se pode verificar a onda de cheia é consistente com o andamento das ondas de cheia naturais registadas em anos anteriores em Cahora Bassa.

## Análise da capacidade de descarga

Para fazer face à onda de cheia e aumentar a potência instalada em Cahora Bassa, através da Central Norte, estudou-se qual a capacidade de descarga adicional que seria necessário, para um maior volume útil e um consequente menor volume de encaixe.

Assim, e utilizando a metodologia descrita anteriormente, numa primeira aproximação verificou-se que a descarga adicional necessária para não baixar o nível da albufeira abaixo da cota 329 (nível de máxima cheia actual) durante a ocorrência da cheia, seria de 5 000 m<sup>3</sup>/s.

No entanto os custos associados à execução de um descarregador com esta capacidade, bem como a sua localização, levaram a que se estudassem opções de menor capacidade. Estudaram-se três variantes de descarga adicional:

- Descarregador com a capacidade nominal de 2200 m<sup>3</sup>/s de (um túnel com 15 m Ø);
- Descarregador com a capacidade nominal de 3600 m<sup>3</sup>/s (dois túneis de 13,6 m Ø);
- Descarregador com a capacidade nominal de 4400 m<sup>3</sup>/s (dois túneis de 15 m Ø).

Note-se que de acordo com as normas de segurança a propagação da cheia de cálculo na albufeira efectua-se estando esta inicialmente à cota do pleno armazenamento e não se pode considerar turbinamento ou descarga de fundo para aumentar o caudal efluente para além do evacuado pelos descarregadores.

Curva guia de segurança hidráulica operacional para a situação actual, sem descarregador adicional  
A curva guia de segurança hidráulica operacional para uma cheia de período de retorno T de 5 000 anos, sem descarregador adicional é a que se apresenta na Figura 2. Apresentam-se igualmente a onda de cheia afluenta, a onda de cheia efluente, o nível na albufeira que por sua vez coincide com a curva guia e a cota do coroamento da barragem.

Pela análise da figura conclui-se que a cota mais baixa do encaixe necessário é de 311,00. Para os descarregadores actuais, 8 orifícios mais o de descarregador de superfície, este encaixe evita o galgamento da barragem caso ocorra para a cheia de projecto.

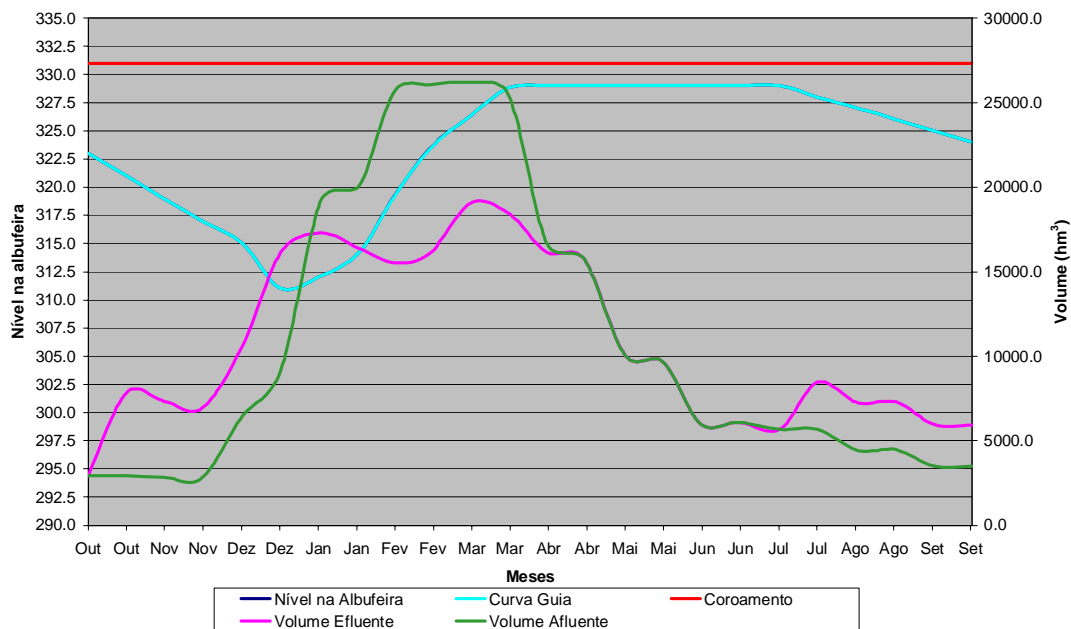


Figura 2 - Simulação de exploração da albufeira de Cahora Bassa sem descarregador adicional  
Curva guia de segurança hidráulica operacional para um descarregador adicional de 2 200 m<sup>3</sup>/s

A curva guia de segurança hidráulica operacional para uma cheia de período de retorno T de 5 000 anos, com um descarregador adicional com uma capacidade de descarga de 2 200 m<sup>3</sup>/s é a que se apresenta na Figura

3. Apresentam-se igualmente a onda de cheia afluyente, a onda de cheia efluente, o nível na albufeira que por sua vez coincide com a curva guia e a cota do coroamento da barragem.

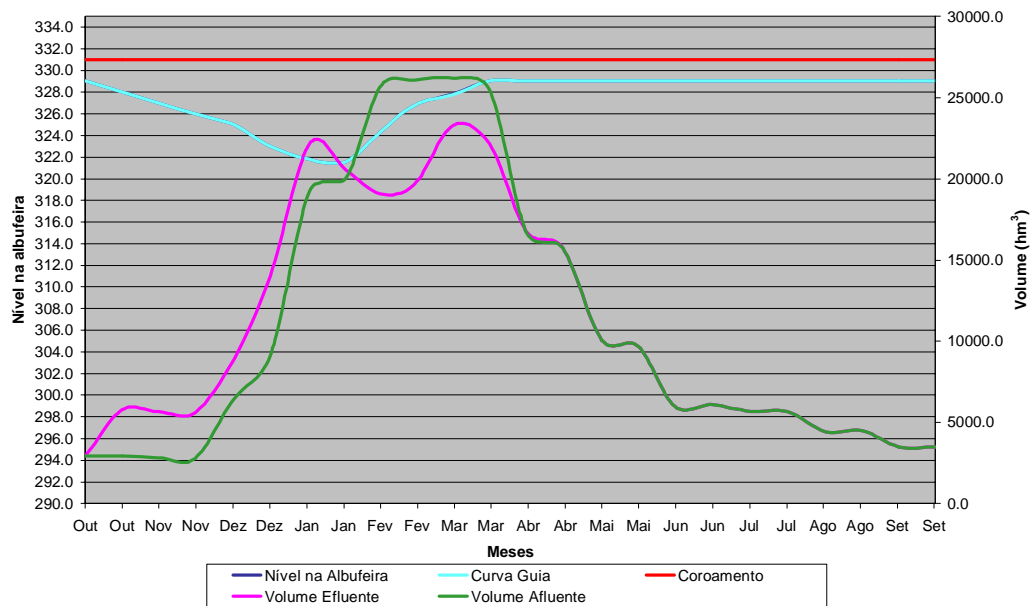
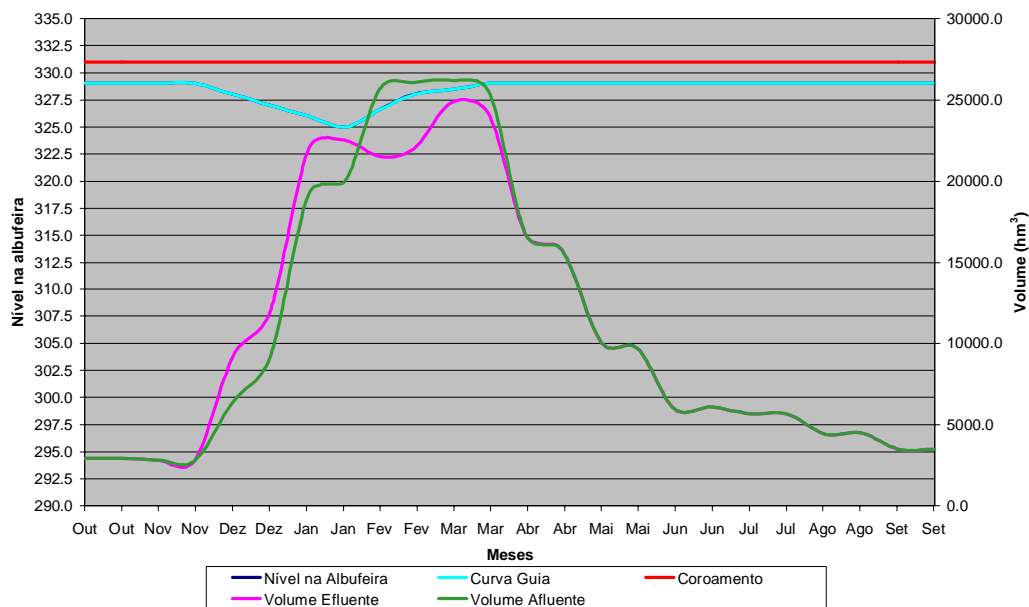


Figura 3 - Simulação de exploração da albufeira de Cahora Bassa com descarregador adicional de 2200 m³/s



Pela análise da figura conclui-se que a cota mais baixa do encaixe necessário é de 322,00. Curva guia de segurança hidráulica operacional para um descarregador adicional de 3 600 m³/s. A curva guia de segurança hidráulica operacional para uma cheia de período de retorno T de 5 000 anos, com um descarregador adicional com uma capacidade de descarga de 3 600 m³/s é a que se apresenta na Figura 4. Apresenta-se igualmente a onda de cheia afluyente, a onda de cheia efluente, o nível na albufeira que por

sua vez coincide com a curva guia e a cota do coroamento da barragem. Figura 4 - Simulação de exploração da albufeira de Cahora Bassa com descarregador adicional de 3600 m<sup>3</sup>/s. Pela análise da figura conclui se que a cota mais baixa do encaixe necessário é de 325,00. Relativamente a esta solução podemos verificar que só é necessário baixar o nível na albufeira 1 m em relação ao NPA actual. Curva guia de segurança hidráulica operacional para um descarregador adicional de 4 400 m<sup>3</sup>/s. A curva guia de segurança hidráulica operacional para uma cheia de período de retorno T de 5 000 anos, com um descarregador adicional com uma capacidade de descarga de 4 400 m<sup>3</sup>/s é a que se apresenta na Figura 5. Apresenta-se igualmente a onda de cheia afluente, a onda de cheia efluente, o nível na albufeira que por sua vez coincide com a curva guia e a cota do coroamento da barragem.

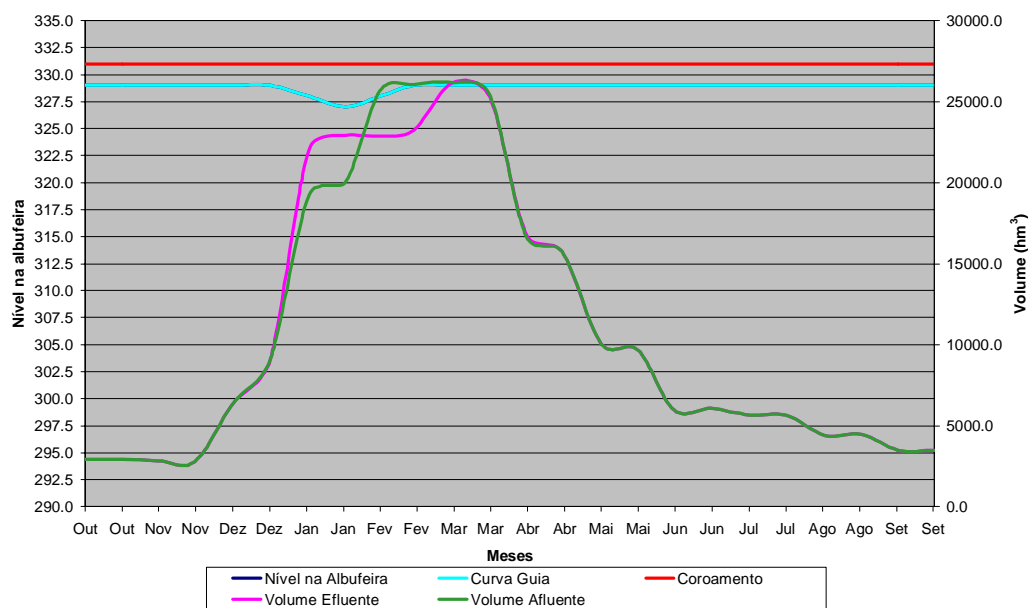


Figura 5 - Simulação de exploração da albufeira de Cahora Bassa com descarregador adicional de 4400 m<sup>3</sup>/s

Pela análise da figura conclui se que a cota mais baixa do encaixe necessário é de 327,00.

### Análise da potência a instalar na Central Norte

Para o estudo energético foi utilizado o software HEC-5 que permite, com base na simulação de exploração de sistemas, otimizar a produção energética de um dado aproveitamento, a potência a instalar na central, bem como a capacidade de vazão. Permite também otimizar o sistema quer este seja de fins múltiplos quer seja para um único fim: a produção de energia eléctrica.

Com os estudos efectuados chegou-se à conclusão que a potência a instalar será de 3 x 415 MW, que corresponderia a uma energia anual média de 17 000 GWh.

### CONCLUSÕES

O aproveitamento hidroeléctrico de Cahora Bassa no rio Zambeze tem uma albufeira com um volume útil de 57 000 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> em que se encontra instalada uma central hidroeléctrica com a potência de 5 x 415 MW. O estudo permite um aumento de potência para explorar a totalidade do potencial hidroeléctrico disponível.

O aumento de potência a contemplar será materializado pela adopção de grupos idênticos de 415 MW. A maior utilização do volume da albufeira significa uma redução da capacidade de amortecimento de cheia o que se compensa pelo aumento da capacidade de descarga.

O estudo destas duas situações efectuou-se com base na exploração da albufeira utilizando-se séries sintéticas de escoamentos como meio de reduzir a incerteza nas determinações a efectuar.

O tratamento da cheia, efectuou-se subdividindo a bacia total em quatro sub-bacias em que se conhecem os escoamentos e que se podem considerar sem intervenção humana relevante, pelo que se utilizou a totalidade dos dados conhecidos.

O estudo energético utiliza a série afluenta a Cahora Bassa desde que a totalidade dos aproveitamentos foi concluída, incluindo portanto todas as interacções, mas de menor extensão.

As dimensões das bacias hidrográficas consideradas leva a que a escala mensal seja uma descritização suficiente para as obras em estudo.

A modelação das séries de escoamentos efectuou-se pelo modelo de desagregação que é constituído por duas etapas, na primeira geram-se escoamentos anuais representados por um modelo apropriado, na segunda etapa desagregam-se os valores anuais obtidos nos valores mensais.

A desagregação dos valores anuais nos valores mensais efectuou-se pelo método dos fragmentos que preserva os parâmetros estatísticos periódicos das séries históricas mensais e a distribuição do escoamento dentro do ano.

Os resultados obtidos apontam num aumento de potência de 3 x 415 MW e aumento da capacidade de descarga de 4400 m<sup>3</sup>/s.

Assim, a potência total em Cahora Bassa passa a 8 x 415 MW sendo um grupo de reserva e capacidade de descarga a 14 200 m<sup>3</sup>/s do descarregador existente mais 4 400 m<sup>3</sup>/s do proposto num total de 18 600 m<sup>3</sup>/s.

Os resultados obtidos confirmam a metodologia proposta como um processo razoável de resolver problemas de dimensionamento do tipo dos apresentados.

**BIBLIOGRAFIA**

SANTOS, E. G. – *Desegregation Modelling of Hydrologic Time Series*, Fort Collins, Colorado (U.S.A.), Ph. D. Thesis Colorado State University, 1983.

WILSON, E.B., HILFERTY, M.M. "Distribution of chi-square", *Proceedings National Academy of Science* 1931  
17 ep.684-688



# **METODOLOGIA PARA A DEFINIÇÃO DA CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO PARA UMA ALBUFEIRA COM FUNÇÃO DE RESERVA DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO**

**Francisco Oliveira PIQUEIRO**

Professor Auxiliar, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto  
R. Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto ; [piqueiro@fe.up.pt](mailto:piqueiro@fe.up.pt)

**José TENTÚGAL VALENTE**

Professor Associado, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto  
R. Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto

**Maria Teresa TOMÁS**

Professora Auxiliar, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto  
R. Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto

## **RESUMO**

Em sistemas de abastecimento de água é frequente ser necessário recorrer a uma origem constituída por uma captação superficial, que muitas vezes exigirá a consideração de uma albufeira, cuja principal função será a garantia de eficaz regularização dos caudais afluentes de modo a que se consiga atender às necessidades impostas pelos consumos de abastecimento.

É objectivo deste trabalho apresentar uma metodologia suporte dos critérios de definição do volume útil de regularização da futura albufeira, de forma que esta possa atender aos consumos de abastecimento ao longo do período de vida da obra antevisto. A metodologia estudada e apresentada toma como dados as séries cronológicas dos estimados caudais afluentes à secção fluvial onde se pretende instalar a obra de retenção, e dos caudais de abastecimento necessários no futuro.

A definição do volume de armazenamento é realizada pela avaliação de déficits volumétricos contabilizados em função do cruzamento temporal das séries cronológicas das aflúencias e dos consumos. Preconiza-se a aplicação de uma abordagem estatística à sequência de déficits anuais avaliados, evitando que se desenvolva uma abordagem de extremos, o que definiria um volume especialmente gravoso face às necessidades concretas do sistema de abastecimento.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Albufeira, regularização, séries cronológicas de caudais, caudais afluentes, caudais de abastecimento

## 1. INTRODUÇÃO

A capacidade de armazenamento a atribuir a uma albufeira cuja função principal seja a garantia de reserva de água para abastecimento será definida, fundamentalmente, em função da capacidade de regularização que se pretenda assegurar que, conjuntamente com a definição da capacidade morta a considerar, virá a impor a capacidade total a adoptar e, por consequência, as características dimensionais a exigir à obra de retenção.

A capacidade de regularização que venha a ser necessária, com o objectivo de garantir os consumos de abastecimento, dependerá do valor destes, quer no que respeita à sua grandeza quer no que respeita à sua variação temporal, e dos caudais afluentes à secção do curso fluvial onde se estuda a possível implantação da obra de retenção. Haverá ainda que garantir a passagem para jusante de um dado caudal mínimo que, neste trabalho, se designará por *caudal reservado ou ecológico*.

A definição dos volumes de regularização para garantia dos consumos de abastecimento não dependerá dos valores característicos dos caudais de abastecimento e afluentes, como sejam os seus valores médios anuais, mas, fundamentalmente, da sua variabilidade e ocorrência no tempo, ou seja, das suas sequências cronológicas descritas para períodos temporais significativamente inferiores ao período de um ano. Com efeito, como se verá posteriormente. No exemplo adoptado para exemplificar a metodologia proposta, que corresponde a uma situação concreta envolvendo dados reais, o módulo dos caudais afluentes anuais é da ordem de 26 m<sup>3</sup>/s, o que em face do valor do caudal médio de consumo previsto para o ano horizonte de projecto, ( da ordem de 6 m<sup>3</sup>/s) poderia levar a admitir a possibilidade de abastecimento directo, sem necessidade de recorrer a qualquer solução de regularização. No entanto, não é efectivamente essa a situação observada uma vez que a variação dos caudais disponíveis na secção do rio onde foi prevista a implantação da captação é muito acentuada, chegando a verificar-se valores da ordem de 0,5 a 1 m<sup>3</sup>/s na época estival. Considerar-se-ão séries cronológicas de caudais afluentes, de abastecimento e reservados na forma de caudais médios diários.

O estudo da regularização será efectuado tendo em consideração uma específica localização da obra de retenção que, definindo as características morfológicas do local, virá a permitir a definição da capacidade total necessária como a soma da capacidade útil e da capacidade morta da albufeira.

## 2. ELEMENTOS BASE

Este trabalho foi desenvolvido tendo como objectivo o estudo de um caso concreto e, como tal, os valores apresentados traduzem dados reais. Os valores dos caudais de abastecimento que se apresentam têm como base uma dada população real a abastecer, a consideração das suas necessidades e a correspondente evolução estimada ao longo da vida prevista para a obra em estudo. De igual modo, o curso de água considerado insere-se na região norte de Portugal, sendo as suas características hidrológicas e morfológicas fruto dessa realidade.

O estudo foi realizado tendo em consideração um período de vida do projecto de 26 anos. No exemplo em causa o período de 2005 a 2030

### 2.1. Definição dos Caudais de Abastecimento

Os caudais de abastecimento considerados apresentam uma evolução linear, ao longo da vida do projecto, nas condições apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 • Evolução Temporal dos Consumos

Anos	2005	2010	2015	2020	2025	2030
m <sup>3</sup> / dia	291 000	343 700	390 600	437 500	487 480	537 460
m <sup>3</sup> / s	3,37	3,98	4,52	5,06	5,64	6,22

Dada a necessidade de consideração de séries cronológicas de caudais médios diários foram gerados, para cada ano, caudais médios mensais pela consideração de factores de ponta mensais e seguidamente considerou-se um valor constante para o caudal médio diário de abastecimento ao longo de cada mês.

## 2.2. Definição dos caudais afluentes

Uma vez que no curso de água em causa, na secção onde foi prevista a implantação da obra de retenção – secção em estudo – não se dispunha de qualquer registo de caudais começou-se por estimar as correspondentes características hidrológicas, tendo-se gerado séries cronológicas de caudais médios diários para o período compreendido entre os anos hidrológicos se 1955/56 e 1984/85, recorrendo ao desenvolvimento de um processo hidrológica baseado na comparação com uma bacia hidrográfica semelhante para a qual se dispunha de registos hidrológicos completos.

O caudal módulo avaliado para a secção em estudo é de **26,5 m<sup>3</sup>/s**, significativamente superior aos caudais de consumo, mas não revela, por si só, a real natureza do curso de água, dada a enorme variabilidade dos caudais afluentes ao longo do ano e para os diferentes anos, ilustrada na Figura 1, onde aí se apresenta, a título de exemplo, a série cronológica de caudais afluentes à secção em estudo ao longo de 5 anos.

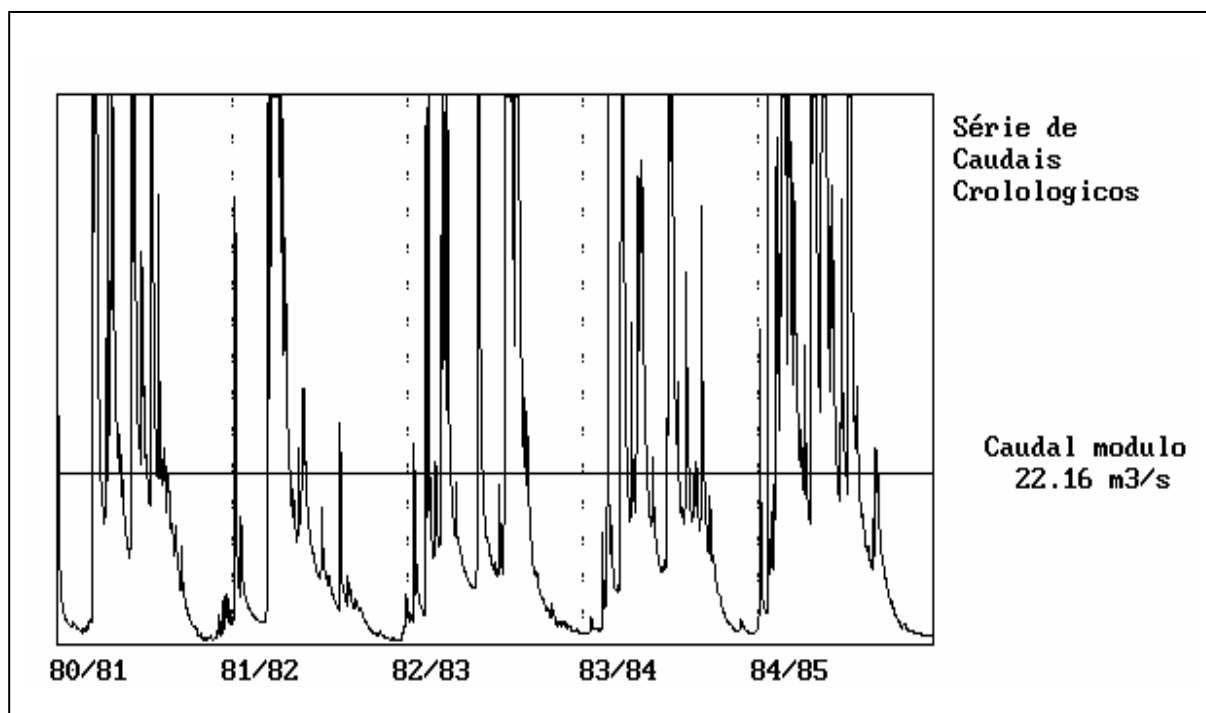


Figura 1. – Secção fluvial em estudo. Série cronológica típica.

## 2.3. Definição dos Caudais Reservados ou Ecológicos

É habitual considerar para valor do caudal ecológico,  $Q_e$ , o caudal correspondente a cerca de 10% do caudal módulo do curso de água. Neste caso, porém, este valor, cerca de 2,5 m<sup>3</sup>/s, seria conservador, em especial para os meses de Verão, correspondendo a um caudal quase sempre superior ao caudal médio dos dias do ano desse período.

Preconiza-se aqui uma abordagem que pretende reflectir a característica periódica da evolução dos caudais ao longo do ano, desenvolvendo-se uma análise estatística dos valores dos caudais médios diários para cada um dos meses do ano, considerando portanto a sua variação sazonal. Nesta análise estatística considerou-se a aproximação a uma lei log-normal, para cada uma das 12 séries de caudais de cada um dos meses.

O estabelecimento desta aproximação permitiu definir valores de caudais, para cada mês, com probabilidades de apenas não serem excedidos compreendida entre 5% a 10%, definindo-se assim os caudais ecológicos a garantir, em cada mês, que se apresentam no Quadro 2.

**Quadro 2 – Caudais ecológicos considerados**

Meses	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
Caudais (m <sup>3</sup> /s)	0,9	1,5	2,0	2,5	3,0	3,0	3,0	2,5	1,5	0,9	0,6	0,6

Saliente-se que, no que respeita aos meses de Verão, os caudais ecológicos preconizados representam aproximadamente caudais com uma probabilidade de 10% de não serem excedidos.

### 3. DEFINIÇÃO DA CAPACIDADE ÚTIL

A capacidade útil a definir para a albufeira em estudo, será o volume de armazenamento que permita a exploração do empreendimento de forma a garantir a satisfação dos consumos de abastecimento de água. Este volume será o resultado da evolução relativa dos valores acumulados dos caudais afluidos e de consumo, definido a partir das séries cronológicas dos referidos caudais médios diários. Tendo presente o período de 26 anos considerado para a sequência cronológica dos caudais de abastecimento foi considerada a geração de uma série de caudais afluentes com igual duração temporal – série cronológica de caudais médios diários afluentes de Setembro 1959 a Outubro de 1985.

Conseguida a identidade das durações temporais das duas séries cronológicas, subsiste ainda a não contemporaneidade de ocorrência dessas séries cronológicas. Com efeito a uma série cronológica futura estimada para os caudais de abastecimento, contrapõe-se uma série cronológica de caudais afluidos ocorridos no passado. Uma das formas de ultrapassar esta questão será a consideração da natureza aleatória do fenómeno hidrológico, provocando uma translação temporal da série cronológica dos caudais afluentes de modo a que estes coincidam com a série cronológica dos caudais de abastecimento. Considerar-se-á, assim, que os escoamentos na secção em estudo apresentarão, no período 2005/06 a 20030/31, caudais idênticos, em grandeza e ordem, aos verificados no período 1959/60 a 1984/85. Idêntico resultado se obteria caso se admitisse que a série cronológica de caudais de consumo devesse ter sido garantida ao longo do período 1959 a 1985.

Tendo-se feito coincidir as duas extensões temporais das séries cronológicas, é possível, a partir da consideração da situação de albufeira cheia, avaliar, dia a dia, o possível deficit volumétrico verificado por insuficiência de grandeza dos caudais afluidos face à soma dos caudais de consumo a garantir com os prioritários caudais reservados. Estes volumes deficitários representariam o volume de regularização útil necessário para garantir os caudais ecológicos e os caudais necessários para abastecimento. A título exemplificativo apresentam-se na Figura 2. as sequências cronológicas dos caudais afluidos, dos caudais ecológicos e da soma dos caudais ecológicos com os de consumo para os últimos quatro anos do período considerado. Na Figura 3 é apresentada a correspondente evolução cronológica dos deficits volumétricos encontrados, onde sobressaem os períodos de significativa duração em que a albufeira está cheia.

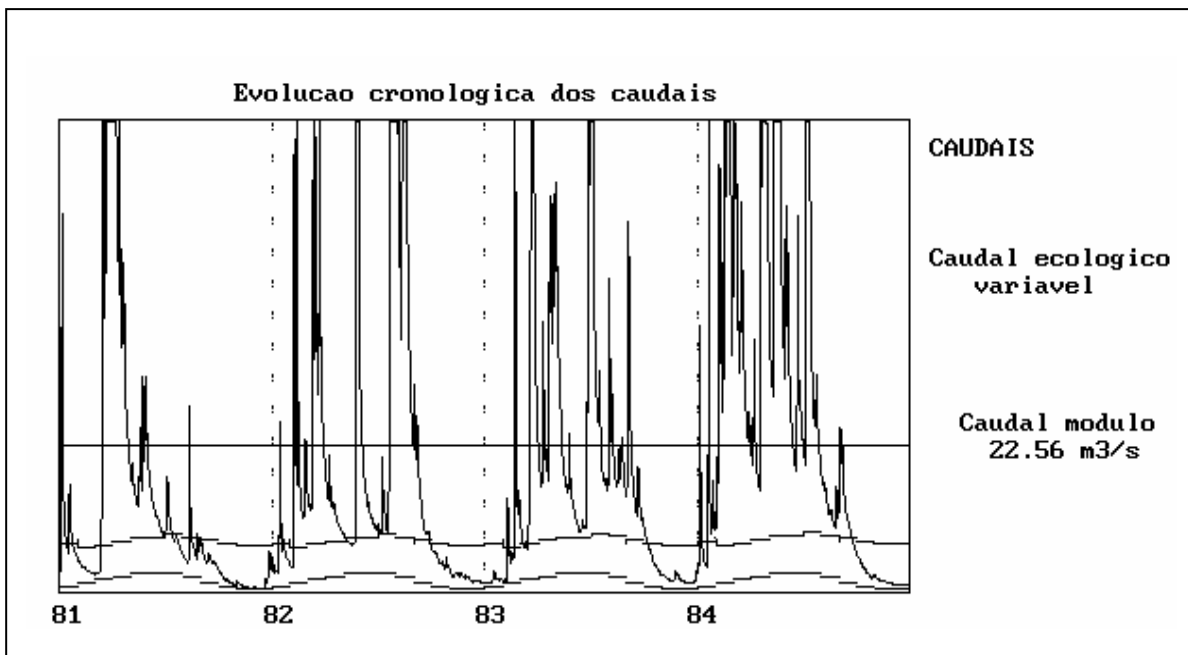


Figura 2 – Sequências cronológicas de caudais médios diários

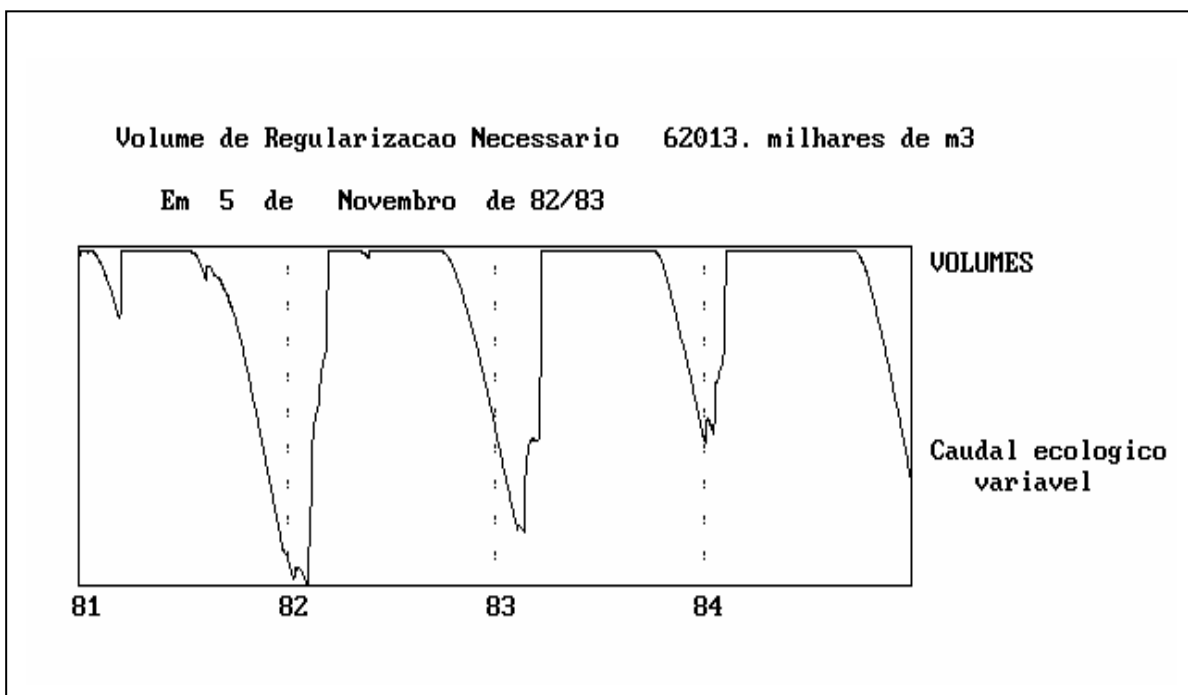


Figura 3 – Deficits volumétricos

As Figuras apresentadas apenas ilustram parte da sequência dos 26 anos analisados. Na Figura 4 apresenta-se, globalmente, a evolução dos deficits volumétricos. Aí se constata que será necessário garantir um volume de regularização de 64 525 milhares de metros cúbicos, correspondendo à ocorrência do máximo deficit para o ano de 1978/79.

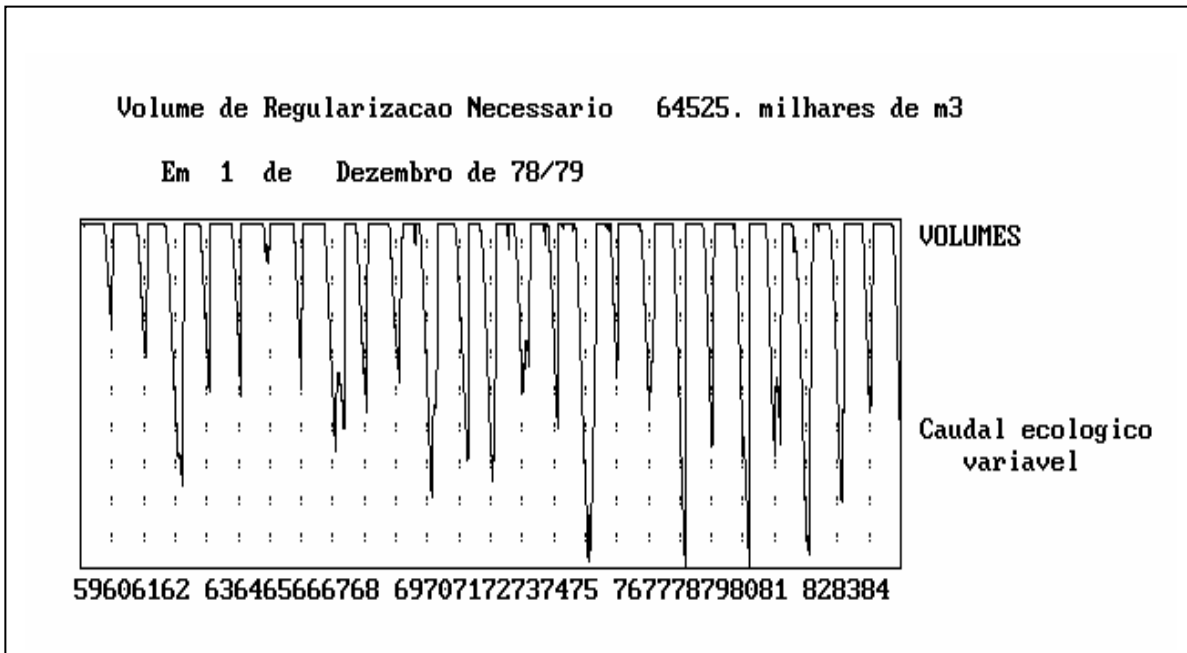
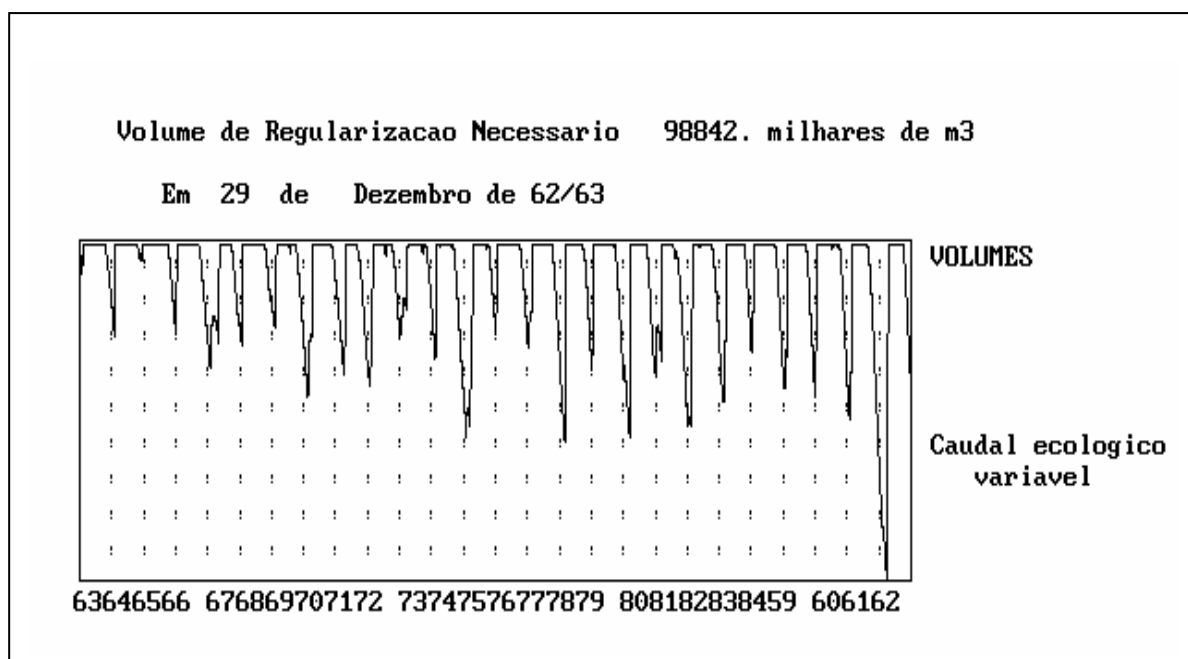


Figura 4 – Volume de regularização necessário.

Este procedimento apresenta, assim, uma sequência de 26 deficits máximos anuais, mas, por si só, não se revela como satisfatório, dado poder-se colocar sempre a questão de se saber em que ano da série de caudais afluentes é que o abastecimento se inicia. Esta interrogação é agravada pelo facto de a série de caudais a garantir para abastecimento ser crescente e nesta simulação se ter feito coincidir o ano de maior consumo com o ano de 1984/85. De forma a minorar esta incerteza geraram-se novas séries de caudais afluentes fazendo “rodar” os anos hidrológicos disponíveis, passando o ano de 1984/85 para o início da sequência de 26 anos, e assim, sucessivamente, para todos os anos. Deste modo geraram-se 26 sequências de 26 anos, as quais irão, da forma que se descreve, ser combinadas com a sequência de 26 anos de consumos.

Obter-se-ão assim 26 sequências de 26 deficits máximos anuais ( 676 máximos relativos), cujas representações são semelhantes à apresentada na Figura 4. No Quadro 3 apresentam-se os valores máximos determinados para cada uma das sequências. Constata-se que o máximo destes valores é de 98842 milhares de metros cúbicos e ocorre para a quinta sequência, quando o ano inicial considerado foi 1963/64, conforme ilustrado na Figura 5.



*Figura 5 – Volume de regularização necessário. Máximo deficit*

**Quadro 3 - Volumes de regularização máximos para cada sequência**

Sequência	Ano inicial	Volume Regularização (milhares m <sup>3</sup> )	Necessário em
1	59/60	64 525	01 / 12 / 78
2	60/61	62 919	01 / 12 / 78
3	61/62	61 332	01 / 12 / 78
4	62/63	66 098	30 / 09 / 62
5	63/64	98 842	29 / 12 / 62
6	64/65	96 685	29 / 12 / 62
7	65/66	94 371	29 / 12 / 62
8	66/67	92 057	29 / 12 / 62
9	67/68	89 744	29 / 12 / 62
10	68/69	87 440	29 / 12 / 62
11	69/70	85 137	29 / 12 / 62
12	70/71	82 833	29 / 12 / 62
13	71/72	80 534	29 / 12 / 62
14	72/73	77 678	29 / 12 / 62
15	73/74	75 627	29 / 12 / 62
16	74/75	73 692	29 / 12 / 62
17	75/76	71 418	29 / 12 / 62
18	76/77	81 772	10 / 12 / 75
19	77/78	79 616	10 / 12 / 75
20	78/79	77 333	09 / 12 / 75
21	79/80	75 188	03 / 11 / 75
22	80/81	73 231	03 / 11 / 75
23	81/82	71 781	11 / 12 / 70
24	82/83	69 923	11 / 12 / 70
25	83/84	67 937	11 / 12 / 70
26	84/85	66 136	02 / 12 / 78

De acordo com os valores obtidos, a capacidade útil para garantir a 100% a suficiência de abastecimento seria da ordem dos 98 milhões de metros cúbicos. No entanto, tal não se afigura como o valor a considerar dado se poderem apresentar algumas questões sobre o significado real desse volume em relação à garantia pretendida.

A primeira questão a colocar prende-se como o facto de os valores obtidos terem sido definidos quando se estabeleceu a coincidência da série de consumos com uma série cronológica de caudais afluentes ocorrida.

Pretender-se-á, como é usual em estudos que envolvem o fenómeno hidrológico, inferir um dado padrão tipo para o comportamento do curso de água que de alguma forma, possa vir a ser usado na estimativa do seu comportamento futuro. Desta forma, uma das abordagens mais frequentes é a utilização de uma lei estatística, que seria aplicada aos valores dos volumes de regularização determinados, para que se possam inferir valores estatísticos representativos de suficiência da capacidade no futuro. A aplicação desta aproximação à série de 26 valores máximos apresentados no Quadro 3, apresentaria como inconveniente a diminuta dimensão da série de dados, por um lado, e, fundamentalmente, representaria uma análise estatística de extremos. Com efeito, os valores referidos representam, cada um deles, o máximo de uma sequência de 26 valores máximos anuais, reflectindo já uma dada probabilidade estatística de ocorrência que é proveniente da aleatoriedade de combinação dos anos hidrológicos com a progressão crescente dos caudais de consumo. Ou seja constitui uma garantia muito para além do que será admissível, associando as duas situações críticas de os consumos serem máximos num ano hidrológico de afluências mínimas, ou quase. Afigura-se assim, de difícil abordagem a consideração do significado dos valores estatísticos assim avaliados, bem como a definição da percentagem de suficiência a considerar para a definição do valor a usar. Não parece, pois, esta a abordagem estatística mais adequada.

Uma primeira forma de contornar a problemática consideração da aleatoriedade incluída nos valores máximos de cada sequência, consiste em considerar, numa primeira hipótese, a aproximação de uma lei estatística à série de 676 valores máximos ocorridos em sequência onde se inserem os 26 valores máximos sequenciais atrás referidos, dado apresentarem uma quantidade de "indivíduos" estatisticamente significativa e não traduzirem apenas a aleatoriedade da coincidência dos maiores consumos com os anos hidrológicamente mais desfavoráveis. Se esta hipótese ultrapassa um pouco o problema da dimensão da série, já não se poderá afirmar o mesmo em relação à sobreposição de situações estatisticamente mais desfavoráveis. À sequência de valores máximos anuais foram aplicadas aproximações estatísticas segundo leis de Gauss e Log-Normal. Na Figura 6 é representada tal aplicação.

A observação da Figura 6 permite considerar como satisfatória a aplicabilidade das leis estatísticas referidas à série de eventos considerada.

Admitindo, como é habitual, que a capacidade útil a adoptar deverá corresponder a uma probabilidade de suficiência da ordem dos 95%, o volume capaz de atender aos caudais de abastecimento e ecológicos definidos, impõe capacidades de 65 000 milhares de metros cúbicos segundo a aproximação de Gauss e de cerca de 72 000 milhares de metros cúbicos segundo a aproximação à lei Log-Normal. A diferença entre os valores não é relevante dada a dimensão dos valores em causa.

Esta abordagem, normalmente considerada em estudos estatísticos que envolvem ocorrências do tipo aleatório enferma de uma base de raciocínio que conduz a uma garantia maior do que aquela que inicialmente se pretendeu. Com efeito, o facto de a lei estatística ser aplicada aos máximos de cada ciclo, portanto, estatísticas de extremos, não considerando valores normais e, por outro lado, resultando o cálculo da coincidência entre valores máximos de caudais de consumo com os máximos de afluências, acrescentando-se ainda o facto de a rotação de correspondência entre caudais afluentes e de abastecimento corresponder já a um certa probabilidade de ocorrência, faz com que a capacidade obtida seja efectivamente muito maior do que a necessária.



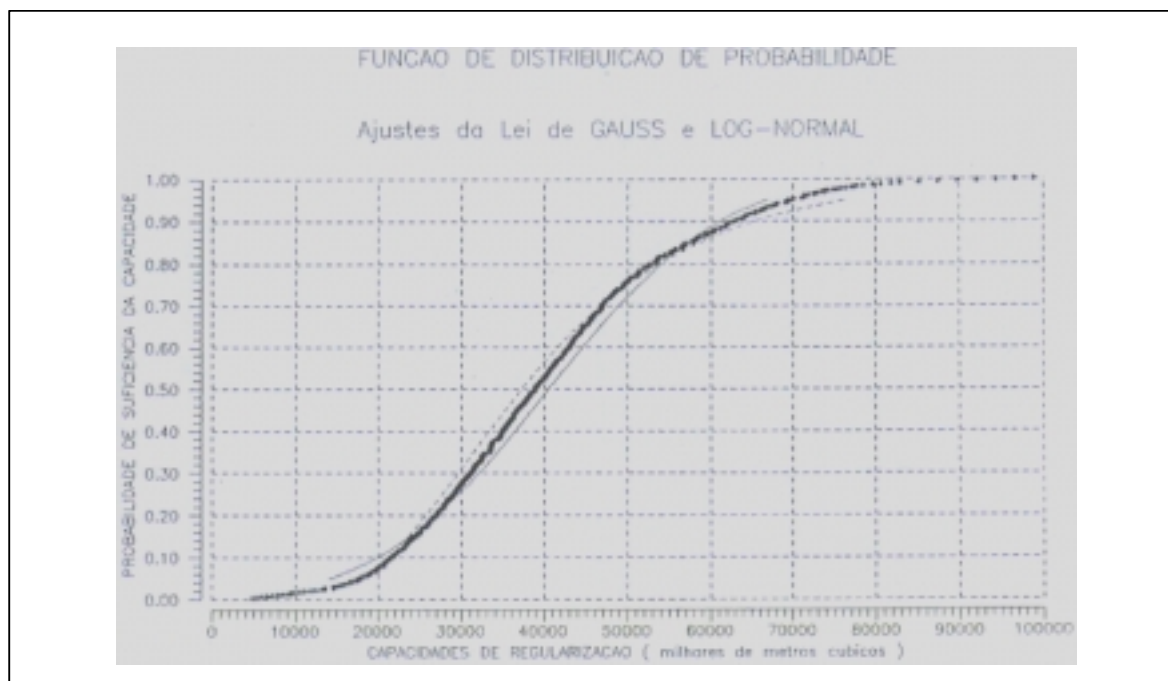


Figura 6 – Aproximação estatística dos valores dos deficits máximos anuais.

Neste sentido, procurou-se uma alternativa ao processo desenvolvido, que consistiu em não trabalhar directamente com capacidade mas procurando conhecer, para a hipótese de determinada capacidade útil, qual o número de dias do ciclo de 26 anos em estudo em que, em média, a albufeira está vazia e, portanto, não tem capacidade de abastecimento. Define-se, desde já como aceitável uma percentagem máxima da ordem dos 5% de ocorrências, significando que não é possível garantir o abastecimento. Salienta-se que esta solução corresponde, num período de 26 anos, a cerca de 45 dias.

A quantificação do número de dias indicado é efectuada à custa da contagem, para determinado valor a experimentar de capacidade útil (foram experimentadas cinco hipóteses alternativas correspondentes a 45000, 50 000, 55 000, 60 000 e 65 000 milhares de metros cúbicos), do número de dias de deficit, isto é, do número de dias em que o nível de água na albufeira se situa abaixo do nível mínimo de exploração, que é o nível correspondente à capacidade morta da albufeira.

Com estas permissas foram encontrados os elementos constantes do Quadro 4..

Dos valores indicados verifica-se que a capacidade menor corresponde a uma percentagem máxima de 3,5% e a uma mínima de 1,2% que, dentro do indicado é aceitável.

**Quadro 4 – Número de dias máximos e mínimos de deficit em função da capacidade útil a atribuir**

Capacidade ( 10 <sup>3</sup> metros cúbicos)		45 000	50 000	55 000	60 000	65 000
Nº Dias de Deficit	Max.	320	240	170	120	100
	Min.	180	109	55	8	0

Considera-se que para o presente caso será de considerar como valor de “partida” para a concretização do projecto a definição de um valor para o volume útil de regularização igual a cerca de 45 000 milhares de metros cúbicos.

As estimativas realizadas e o desenvolvimento apresentado estão naturalmente dependentes, para além da natureza da abordagem apresentada, de elementos cuja influência é preponderante, como são a definição da série de caudais de consumo considerados e, muito em especial, pela definição de parâmetros de carácter

hidrológicos como sejam a fiabilidade das séries cronológicas e caudais afluentes, a consideração de infiltrações, evaporação, etc. A aplicação concreta desta abordagem deverá ter sempre presente estes considerandos para a qualidade da avaliação da capacidade útil a definir.

#### 4. CAPACIDADE TOTAL A ADOPTAR

A construção de uma barragem num curso de água modifica as condições de transporte sólido pré-existente, provocando a deposição de material sólido na zona da albufeira. Como se referiu, será necessário reservar uma fração da capacidade total de armazenamento da albufeira para a acumulação do material sedimentado o que constituirá a capacidade morta da albufeira. Só por si a definição deste volume morto constituiria assunto para longos desenvolvimentos, especialmente quando não se dispõe, como era o caso da situação que serviu de ensaio a esta metodologia, de valores de transporte sólido referentes ao rio em causa.

No presente estudo foi considerado um valor de cerca de 20 m<sup>3</sup> por ano e por km<sup>2</sup> de área da bacia hidrográfica. Estimou-se, ainda, que se procederia a uma descarga do material sólido acumulado em cada 5 anos e como tal o volume estimado como volume morto foi de cerca de 69 000 m<sup>3</sup>. Note-se que este valor é bastante diminuto quando comparado com o valor estimado para o volume útil de regularização.

Neste sentido define-se como valor da capacidade total a adoptar o valor de 45 000 milhares de metros cúbicos.

#### 5. CONCLUSÕES

Tomando como elemento motivador a necessidade de definição da capacidade de armazenamento a preconizar para uma albufeira com função de reserva para abastecimento de água, desenvolveu-se uma metodologia que se apoia no tratamento estatístico dos valores dos deficits volumétricos avaliados pela combinação das séries cronológicas dos caudais afluentes e dos caudais de consumo.

A conjugação das duas séries de caudais cronológicos leva à definição de valores de deficits volumétricos que se assumem, no entanto como valores extremos. De forma a considerar uma avaliação que tenha em conta as condições reais de exploração de uma infra-estrutura como esta, preconiza-se a definição de uma série de valores de deficits volumétricos, o mais extensa possível, que de seguida é sujeita à aplicação de um abordagem estatística que permita a definição de valores característicos do volume útil de regularização a impor.

Numa fase seguinte, e tomando como base valores de capacidades úteis indicadas pela abordagem inicial, desenvolve-se uma metodologia estatística semelhante à série de valores representativos dos períodos temporais onde haveria insuficiência de abastecimento. A decisão final sobre a capacidade útil da albufeira será, assim, apoiada na análise da percentagem estatística de garantia de suficiência de abastecimento.

#### BIBLIOGRAFIA

CARDOSO, António Heleno (1998), *Hidráulica Fluvial*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa

LENCASTRE, A. e FRANCO, F.M., ( 1992), *Lições de Hidrologia*, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa

RIBEIRO, A. Álvares, ( 1987), *Hidráulica Aplicada – Hidrologia*, Laboratório de Hidráulica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

## DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL, DEMANDAS E USOS DA ÁGUA NA BACIA DO RIO IBICUÍ

João Batista Dias de PAIVA<sup>(1)</sup>, Eloiza Maria Cauduro Dias de PAIVA<sup>(1)</sup>

Maria do Carmo Cauduro GASTALDINI<sup>(1)</sup> e Robin Thomas CLARKE<sup>(2)</sup>

### RESUMO –

Este trabalho caracteriza as disponibilidades e as demandas de água da bacia do rio Ibicuí. Localizada entre as latitudes de 28º 30'S e 31ºS e longitudes de 53º 30' e 57ºW. A área estudada tem 36.667,13 Km<sup>2</sup>. É composta pelas bacias dos rios Butuí, Touro Passo e parte da bacia do rio Ibicuí, principal afluente à margem esquerda do rio Uruguai em território brasileiro. Os resultados mostram que: (a) a população humana é abastecida predominantemente de mananciais superficiais, (b) abastecimento industrial é de pouca expressão na bacia; (c) a pecuária representa importante papel na economia da bacia e, (d) a lavoura de arroz irrigado, por inundação contínua, predomina na região. A demanda total de água estimada na bacia do rio Ibicuí somou 2440,066 hm<sup>3</sup>/ano, dos quais 9,4% destinados ao consumo humano, 1,6% ao consumo animal e 89,0% à irrigação da lavoura de arroz. Em termos de disponibilidade hídrica superficial os meses mais críticos são os meses de novembro a março, quando ocorre a irrigação do arroz.

### ABSTRACT -

This paper characterizes the surface water disponibility and the water demands from Rio Ibicui basin. Located between latitudes 28º30'S and 31ºS and longitudes 53º30'W and 57ºW, the studied area has 36.667,13 km<sup>2</sup>. The basin is composed by Rio Butuí, Touro Passo and part of Rio Ibicuí basin, which is the most important tributary on Rio Uruguai left border in brazilian territory. The characterization was made based on registers collected between november The results show that: (a) the human population is supplied mainly by surface fountainheads; (b) industrial supply does not have significant impact on basin; (c) cattle breeding plays a important role on basin economy, (d) flood irrigated rice farming, predomines in basin. The total water demand estimated on Rio Ibicuí basin is 2.440.066 hm<sup>3</sup>/year, which are 9,4% destined to human use, 1,6% to animal consumption and 89,0% to rice irrigation. Regarding surface water availability, the most critical period is from November to March when the rice crop is irrigated

---

Palavras chave: Disponibilidade Hídrica, Demanda de água; Rio Ibicuí

<sup>(1)</sup> Departamento de Hidráulica e Saneamento. Centro de Tecnologia. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. Rio Grande do Sul. Brasil. Emails: [paiva@ct.ufsm.br](mailto:paiva@ct.ufsm.br), [eloiza@ct.ufsm.br](mailto:eloiza@ct.ufsm.br), [mcarmo@ct.ufsm.br](mailto:mcarmo@ct.ufsm.br),

<sup>(2)</sup> Instituto de Pesquisas Hidráulicas - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Email: [clarke@ifl.if.ufrgs.br](mailto:clarke@ifl.if.ufrgs.br)

## INTRODUÇÃO E OBJETIVO

- Este trabalho teve por objetivo, quantificar e localizar as vazões e as demandas de água e efetuar o balanço hídrico superficial nas bacias hidrográficas dos rios Butuí, Ibicuí e Touro Passo, que compõem a bacia hidrográfica U-60 – Rio Ibicuí, do Sistema Estadual de Recursos Hídricos, para subsidiar a implementação dos mecanismos de gestão das águas previstos nesse sistema, nos termos da lei 10350/1994 e do decreto número 37034/1996, que regulamentam o Artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul.
- Para quantificar as vazões foram utilizados os dados disponíveis nas estações da rede hidrometeorológica básica operada pela ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica, na bacia em estudo e foi utilizado o modelo determinístico “chuva – vazão” Modhac, desenvolvido por Schwartzbach e Lana (1989) e atualizado por Lanna (1997), para a geração de vazões nas bacias com deficiência de dados de vazão.
- A quantificação das demandas foi feita com base em levantamento cadastral realizado no período compreendido entre novembro de 1997 e maio de 1998, ou seja, os dados de campo referem-se à safra 1997-1998.

## A ÁREA ESTUDADA

- A bacia do Rio Ibicuí, principal afluente da margem esquerda do rio Uruguai em território brasileiro, localiza-se entre as latitudes de 28º 30'S e 31ºS e longitudes de 53º 30' e 57ºW, abrangendo uma área total de 47740 km<sup>2</sup>, no Estado do Rio Grande do Sul. Seus principais formadores são os rios Jaguari, Ibicuí-Mirim, Ibirapuitã e Santa Maria. O curso principal do Rio Ibicuí tem nascente no Município de Júlio de Castilhos e desenvolve-se no sentido Leste - Oeste, por uma distância de 386 Km, até a sua foz no rio Uruguai.
- A área em estudo inclui ainda a bacia do Rio Butuí e a bacia do Arroio Touro Passo, além das contribuições diretas ao Rio Uruguai, na área compreendida entre seus divisores. Não inclui a bacia do Rio Santa Maria, de 15.000 km<sup>2</sup>, principal afluente do Rio Ibicuí, por ser essa bacia objeto de classificação específica pelo Sistema Estadual de Recursos Hídricos

## METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL

- Os trabalhos consistiram de:

Levantamento e análise preliminar dos dados disponíveis

Análise da qualidade das informações disponíveis

Divisão espacial da bacia

Aplicação de modelo concentrado “Chuva-Vazão”

Análise estatística das séries observadas e geradas

## Dados utilizados

- Foram obtidos junto a ANEEL, dados de 22 estações fluviométricas, cuja relação e localização são apresentados em Paiva et al (1999).

Três tipos de dados foram obtidos, quais sejam:

- Dados de vazão e precipitação fornecidos pela ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica ;

- Dados de vazão obtidos a partir de dados de cotas, fornecidos pela ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica, utilizando-se uma curva chave construída com os dados existentes de cota e vazão em períodos comuns e atualização das séries de vazões a partir das séries de cotas existentes e,

- Os dados de vazões geradas pelo MHODAC, foram verificados à partir da verificação da qualidade da calibração. A qualidade da calibração foi verificada pelo valor da função objetivo, em um primeiro momento e pela comparação da curva de permanência das vazões geradas com a curva de permanência das vazões observadas.

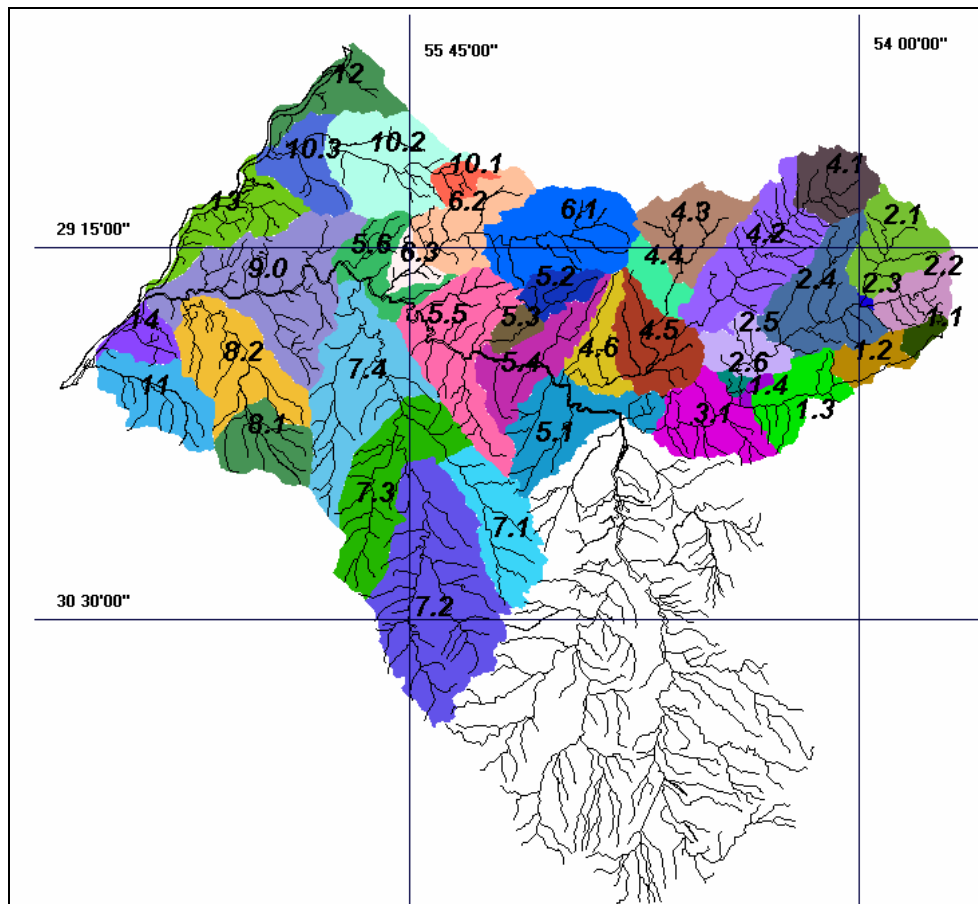


Figura 1. Divisão da área estudada em sub-bacias.

### Divisão espacial da bacia

A divisão da bacia foi feita com o objetivo de definir os pontos para caracterização da disponibilidade e demandas de água na bacia, feita levando-se em conta os dados de clima, solo, relevo e cobertura vegetal e, principalmente, a localização dos usuários da água para a irrigação da lavoura de arroz, que foi identificado como o uso da água preponderante na bacia do rio Ibicuí. A figura 1, apresenta a divisão adotada e a sua descrição é feita na tabela 1

### Aplicação de modelo concentrado "chuva-vazão"

Foi utilizado o modelo MODHAC, desenvolvido por Schwarzbach e Lanna (1989) e atualizado por Lanna (1997), para a geração de dados de vazão à partir de dados de chuva, nas seções em que não se dispunham de dados medidos. Os critérios adotados e os dados utilizados para sua calibração podem ser descritos em Paiva, Paiva e Clarke (1999)

### Análise estatística das séries de vazões diárias observadas e geradas

Após a atualização, os dados de vazão foram submetidos a tratamento estatístico, fazendo-se uso extensivo de métodos gráficos computacionais, através do Software Genstat 5.3.2, desenvolvido pelo Departamento de Estatística da Rothamsted Experimental Station da Inglaterra (Payne et alii (1996).

**METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DA DEMANDA DE ÁGUA NA BACIA**

A identificação dos usos da água na bacia do rio Ibicuí, foi feita à partir de um cadastramento dos usuários, realizado à campo, cuja metodologia operacional, é descrita em Paiva et all (2000). A seguir, são descritos os critérios utilizados para a quantificação das demandas para os vários tipos de usos identificados na bacia, quais sejam: abastecimento populacional, abastecimento Industrial, dessedentação de animais,- Irrigação e Usos não consuntivos.

**Tabela 1. Divisão espacial da bacia do rio Ibicuí**

Sub- bacias	Seção de Caracterização de Vazões	Posto	NAR	Atotal	Ainc
1.Rio Ibicuí - Mirim	1.1.Serra de São Martinho	Nenhum	34*	152	152
	1.2.BR 453	Nenhum	34*	524	372
	1.3. Passo São Lucas	Nenhum	34*	1263	740
2.Rio Toropi	2.1. Usina Quebra Dente	76077000	8	871	871
	2.2. Rio Guassupi	76081000	5	577	577
	2.3. Cachoeira do Cinco Veados	76085000	21	1635	187
	2.4. Vila Clara	76100000	56	2783	1148
	2.5. Ponte do Rio Toropi	76120000	29	3310	527
3.Alto Rio Ibicuí	3. Passo Santa Vitória	76200000	41	5679	1842
4.Rio Jaguarí	4.1. Passo da Laje	76420000	45	905	905
	4.2.Jaguari	76440000	56	2296	1391
	4.3. Rio Jaguarzinho, Ernesto Alves	76460000	39	933	933
	4.4.Rio Jaguarzinho em Jaguari	76470000	17	1345	412
	4.5.Passo do Loreto	76490000	32	4578	937
	4.6. Foz do Jaguarí	Nenhum	53*	5132	554
5.Médio Rio Ibicuí	5.1. Passo da Catarina	76500000	55	27939	3779
	5.2. Pontre do Miracatú	76550000	20	349	349
	5.3. Foz do Arroio Miracatú	Nenhum	27*	589	240
	5.4. Manuel Viana	76560000	30	29501	973
	5.5. Passo do Itaum	76600000	17	31008	1507
	5.6. Mariano Pinto	76800000	56	42575	3063
6.Rio Itú	6.1. Barragem do Rio Itú	76630000	9	1558	1558
	6.2. Passo da Cachoeira	76650000	55	2562	1004
	6.3. Foz do Rio Itú	Nenhum	38*	2806	244
7.Rio Ibirapuitã	7.1. Passo dos Cabritos	76700000	58	3194	3194
	7.2. Arroio Caverá, Passo do Osório	76742000	20	1163	1163
	7.3. Alegrete	76750000	57	5942	1585
	7.4. Foz do Ibirapuitã	Nenhum	27*	7948	2006
8.Rio Ibirocaí	8.1. Plano Alto	Nenhum	53*	770	770
	8.2. João Arregui	Nenhum	55*	2203	1432
9.Baixo Rio ibicuí	9. Foz do Rio Ibicuí	Nenhum		47111	2333
10. Rio Butuí	10.1.Passo do Butuí	75830000	10*	191	191
	10.2.BR472	Nenhuma		929	738
	10.3. Foz do Butuí	Nenhuma		2386	1458
11.Arroio Touro Passo			53*	955	955
12. Costa do Uruguai - São Borja				711	711

13. Costa do Uruguai – Itaquí			847	847
14. Costa do Uruguai – São Marcos			385	385
Legenda: NAR = Número de anos de registro. Um asterisco (*) ao lado do número indica que os dados de vazão foram obtidos a partir de dados diários de precipitação, utilizando modelo determinístico, concentrado, chuva x vazão. Atotal = área acumulada da subbacia até a seção considerada, em Km <sup>2</sup> . Ainc = área incremental entre duas seções consecutivas, em Km <sup>2</sup> .				

### Abastecimento populacional

Para as captações de responsabilidade da CORSAN, a produção total de água foi fornecida pela concessionária. Para as cidades em que o serviço de abastecimento é de responsabilidade das prefeituras ou de particulares os valores fornecidos foram os do consumo de água; a produção foi calculada adotando-se um coeficiente de perdas de 50%, devido a impossibilidade de se obterem dados específicos da produção.

A quantificação da produção utilizada para abastecimento da população rural foi feita considerando-se um consumo "per capita" de 100L/hab.dia. A população abastecida foi adotada como a parcela da população rural do município localizada na bacia, obtida da percentagem de área rural do município na bacia.

### Abastecimento Industrial

A bacia do rio Ibicuí não é uma bacia de características industriais. O número de indústrias nela localizadas é pequeno. Destacam-se alguns frigoríficos, um curtume e cerealistas que beneficiam arroz, sendo que estas últimas praticamente não consomem água no processo industrial.

O abastecimento de água nas indústrias se dá através do sistema público de abastecimento ou através de poços situados na própria indústria. A quantificação dos volumes de água utilizados nas indústrias que possuem captações independentes nem sempre pode ser obtida nas indústrias. Quando da ausência de dados, avaliou-se o consumo de água utilizado-se os coeficientes de utilização dos recursos hídricos recomendados pela FEPAM (1997).

### Dessedentação de Animais

A atividade de pecuária representa importante papel na economia da bacia, sendo de 4.559.163 cabeças o rebanho de animais de grande porte e de 4739252 cabeças o de animais de pequeno porte. O cálculo das demandas de água para dessedentação foi feito considerando-se os consumos recomendados pelo Pró-Guaíba (1991)

### Agricultura Irrigada

O cadastro dos usuários da água na bacia do rio Ibicuí mostra o total predomínio da lavoura de arroz. Foram cadastradas 2.351 lavouras irrigadas na área em estudo. Destas, apenas 3 são de hortifrutigangeiros e 2.348 são de arroz irrigado. Das quais, 68 estiveram desativadas na safra de 1997/1998.

A área irrigada na safra de 1997/1998, segundo a informação dos produtores, foi de 169.927,6 ha. A menor lavoura de arroz cadastrada foi de 0,17 ha e a maior de 1.045 ha, com média de 66,15 ha. Foram utilizadas 2.637 captações, com total predomínio de captações superficiais, dos cursos d' água ou de açudes. Foram cadastradas 1.273 captações de açudes, 4 de banhados, 16 de lagoas, 25 de poços, 6 de restingas, 10 de vertentes e 1.303 de rios, das quais 21 foram captações diretas do rio Uruguai. Das 2.637 captações, 1.254 foram por gravidade e 1.383 por recalque, com áreas irrigadas de 47.476,0 ha e 122.451,6 ha, respectivamente

Durante o cadastramento de usuários da água na bacia do rio Ibicuí, observou-se um completo desconhecimento por parte da maioria dos produtores e administradores de propriedades agrícolas quanto ao consumo de água na lavoura. Encontram-se situações em que foram informadas as demandas e outras situações em que as pessoas declaravam não ter conhecimento do consumo de água da lavoura. Na primeira situação, adotou-se o valor informado, independentemente de sua grandeza. Foram informados valores variando de 7.000 m<sup>3</sup>/ha até 18.000 m<sup>3</sup>/ha. Na segunda situação, quando a demanda não foi informada, foi feita a estimativa do consumo base nas informações disponíveis na literatura, considerando a dotação de rega recomendada pelos Engenheiros Agrônomos do IRGA lotados na região e as vazões de projeto das bombas adotadas, pelos projetistas de estações de bombeamento que atuam na região.

Dois tipos de vazões foram consideradas:

- - A vazão máxima de bombeamento, que é a vazão de projeto da bomba e,
- - A vazão média a ser adotada para fins de balanço entre a disponibilidade e demanda.

Essa vazão foi adotada como sendo a relação entre o volume total consumido e o ciclo da lavoura. Para fins de projeto é comum adotar-se o período de irrigação de 100 dias para lavouras de ciclo curto (110 a 120 dias). No entanto, como o período de plantio, desenvolvimento e colheita da lavoura de arroz na região é de novembro a março e nem todos os produtores plantam ou irrigam na mesma época, para fins de balanço hídrico, adotou-se neste trabalho o ciclo de 150 dias para fins de cálculo da vazão média na lavoura de arroz. Considerando que as necessidades hídricas da lavoura de arroz são, segundo Doorenbos, 1979, variáveis ao longo do seu desenvolvimento, havendo maior necessidade de água no período de floração e na segunda metade do período vegetativo, adotou-se, na tentativa de distribuir as demandas ao longo dos meses de maior consumo de água, um consumo de 15%, 35%, 35% e 15% do volume total consumido pela lavoura, respectivamente, para os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro.

Considerando a completa falta de informações sobre as vazões de retorno na lavoura de arroz, adotou-se a vazão de retorno como sendo igual a 15% da vazão derivada para a lavoura.

Desta forma, foram consideradas as seguintes dotações de rega e vazões de bombeamento para as diversas regiões:

1. Na região de São Pedro do Sul, compreendendo os municípios de São Pedro do Sul, Tupanciretã, Toropi, Quevedos, Mata, Jarí e Dilermando de Aguiar, seguindo recomendação do escritório Regional do Irga, adotou-se a dotação de projeto de 12.000 m<sup>3</sup>/ha por safra, com período de 2000 horas de irrigação contínua, ou seja, 1,67 L/s/ha;
2. Na região de São Vicente do Sul, seguindo recomendação do escritório Regional do Irga, adotou-se a dotação de projeto de 13.000 m<sup>3</sup>/ha em 2000 horas, ou seja 1,81 L/s/ha;
3. Nos municípios de Alegrete, Itaquí e Uruguaiana, adotou-se a dotação média obtida por Arns (1995) de 12.240 m<sup>3</sup>/ha em 2000 horas de vazão contínua ou seja, 1,7 L/s/ha.

Esses números representam a necessidade da lavoura de arroz de variedade precoce, em franca expansão no Estado do Rio Grande do Sul. Podem ser esperados em lavouras em que a captação é feita por bombeamento. Em captações por gravidade é esperado um consumo de água maior, em consequência vazões de retorno maiores.

## Usos não Consuntivos

Os usos não consuntivos mais comuns encontrados na bacia são para balneários e para atividade de piscicultura. A navegação é de pouca expressão. A geração de energia também tem pouca expressão, destacando-se a termelétrica de Alegrete com capacidade instalada de 66 mw.

## RESULTADOS OBTIDOS

### Resultados da aplicação do modelo MHODAC

A figura 2 apresenta a título de exemplo uma curva de permanência das vazões observadas e geradas nos períodos utilizados para calibração do MODHAC, nas seções de calibração. As curvas de permanência em questão, mostram, em todos os casos, uma concordância quase perfeita entre as vazões de permanência



observadas e geradas, na faixa inferior da curva, atestando a qualidade do ajuste do modelo para as vazões mínimas, principal objetivo deste trabalho., demonstrando a adequação do modelo à região.

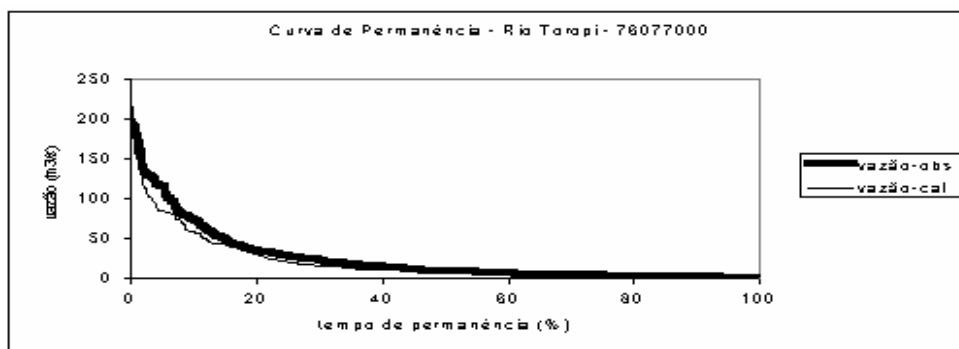


Figura 2. Curva de permanência observada e gerada na estação 76077000, Usina Quebra-Dente, no Rio Toropi, no período de calibração.

Resumo dos resultados de disponibilidades e demandas de água na bacia estatística das vazões.

A tabela 2 apresenta o resumo dos resultados da análise estatística das séries de vazões observadas e geradas, por sub bacia de caracterização de vazões, em termos de vazões máximas, médias, mínimas e mínimas de 7 dias com 10 anos de período de retorno. Resultados detalhados, em nível mensal e de permanência de vazões podem ser obtidos em Paiva et all (1999). A tabela 3 apresenta o resumo dos dados de demanda de água na bacia. Resultkados detalhados são fornecidos em Paiva et all (2000).

## CONCLUSÕES

Os resultados da análise de disponibilidade hídrica superficial permite concluir que, para a bacia hidrográfica do rio Ibicuí:

- os meses mais críticos em termos de vazões máximas de cheia, correspondem aos meses de abril a outubro;
- os meses mais críticos em termos de disponibilidade hídrica superficial, são os meses de novembro a março, quando ocorre a irrigação do arroz;
- as vazões específicas diárias, médias anuais variaram de 1,24 L/s/km<sup>2</sup>, na bacia do rio Jaguari, na seção 4.1 – Passo da Laje, até 30,38 L/s/km<sup>2</sup>, na bacia do rio Ibirapuitã, na secção 8.1- Passo dos Britos, com média de 20,6 L/s/km<sup>2</sup> em termos mensais a vazão específica média diária, variou de 0,36 L/s/km<sup>2</sup>, na bacia do rio Jaguari, na seção 4.1 – Passo da Laje, no mês de fevereiro, até 56,03 L/s/km<sup>2</sup>, na bacia do rio Toropi, na secção 2.2- Rio Guassupi, no mês de outubro, com média de 20,6 L/s/km<sup>2</sup>.

O cadastramento de usuários da água na bacia do rio Ibicuí, mostra que na época de realização deste trabalho:

- Os recursos hídricos utilizados para abastecimento da população urbana são normalmente superficiais, sendo subterrâneos nos municípios menores e no abastecimento da população rural.
- abastecimento industrial é de pouca expressão na bacia. É feito através do sistema público de abastecimento ou através de poços situados na própria indústria.

- a atividade de pecuária representa importante papel na economia da bacia, destacando-se a bovinocultura, ovinocultura e avicultura.
- a lavoura de arroz predomina na região, sendo o seu abastecimento feito majoritariamente de captações superficiais, dos cursos d'água ou de açudes. Do total de captações 47,6% foram feitas por gravidade e 52,4% por recalque, com áreas irrigadas de 47.476,0 ha e 122.451,6 ha, respectivamente;
- é quase completo o desconhecimento por parte da maioria dos produtores e administradores de propriedades agrícolas quanto ao consumo de água na lavoura ;
- não existe controle nenhum sobre a quantidade de água derivada para as lavouras;
- as vazões totais utilizadas na bacia do rio Ibicuí, podem ser assim sintetizadas 2172,13 hm<sup>3</sup>/ano para irrigação, 39,105 hm<sup>3</sup>/ano para dessedentação de animais e 228,832 hm<sup>3</sup>/ano para abastecimento humano e industrial, que representam respectivamente 89.0%, 1,6% e 9,4% do total de 2440,066 hm<sup>3</sup>/ano.

•

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica e à FEPAGRO – Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio Grande do Sul, pelo fornecimento dos dados hidrológicos utilizados neste trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARNS, R. (1995). Racionalização do uso de energia elétrica em bombeamentos de arrozais na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul. **Lavoura Arrozeira**. Porto Alegre, 48(418):14-17, 1995.
- CLARKE, R. T. (1995) - *Statistical modelling in hidrology*. John Wiley and Sons, 412 p.
- CLARKE, R.T. (1996). Residual Maximum Likelihood (REML) Methods for Analysing Hydrological Data Series. *Journal of Hydrology*, junho.
- DOORENBOS, J. (1979). **Yield Response to Water**. Rome: FAO,1979. 193p.
- FEEE. Fundação Estadual de Economia e Estatística. (1995) . **Anuário Estatístico**, 1995.
- FEPAM Fundação Ambiental de Proteção Ambiental. (1997): **Efluentes Hídricos Industriais: Cargas Poluidoras Lançadas nos Corpos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul**. 1997.145p.
- PAIVA, J.B.D.de; PAIVA, E.M.C.D.de & CLARKE, R. (1999). Caracterização das Vazões da Bacia do Rio Ibicuí (RS). XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. CD Rom. Belo Horizonte.
- PAIVA, J.B.D.de; PAIVA, E.M.C.D.de; GGASTALDINI, M.C.C.; IRION, C.A.O.; DIAS, J.R.; & COSTA, L.C.M. da (2000). Quantificação da Demanda de água na Bacia do Rio Ibicuí - RS.Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Vol. 5, no. 3. (no prelo).

PAYNE, R. W.; LANE, P W et al. (1996). Genstat 5. Release 3 . Reference Manual: Genstat for Windows Supplement. Oxford Science Publications. Oxford. 796 p.

SCHWARZBACH, M.; LANNA, A.E. (1989). MODHAC: Um modelo hidrológico auto-calibrável para avaliação de disponibilidades hídricas fluviais. VIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. v.1, pp483-496.

**Tabela 2.** Resumo dos dados de vazão na bacia do Rio Ibicuí.

Sub-bacia	Posto	NAR	Q <sub>média</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>média</sub> L/s/km <sup>2</sup>	Q <sub>7,10</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>7,10</sub> L/s/km <sup>2</sup>	Q <sub>min</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>min</sub> L/s/km <sup>2</sup>	Q <sub>máx</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>máx</sub> L/s/km <sup>2</sup>
1.1	***	34*	3,0	19,7	0,05	0,33	0,05	0,07	***	***
1.2	***	34*	9,1	17,3	0,16	0,31	0,18	0,06	***	***
1.3	***	34*	21,8	17,3	0,39	0,31	0,44	0,06	***	***
2.1	76077000	8	23,5	26,9	0,17	0,20	0,71	0,18	800	918
2.2	76081000	5	17,2	29,8	0,13	0,23	1,74	0,21	305	529
2.3	76085000	21	43,0	26,3	0,26	0,16	0,26	0,15	2026	1239
2.4	76100000	56	58,9	21,2	0,51	0,18	0,19	0,00	2239	805
2.5	76120000	29	63,9	19,3	0,67	0,20	0,06	0,02	1037	313
3	76200000	41	65,2	11,5	0,42	0,07	0,42	0,07	779	137
4.1	76420000	45	1,1	1,2	0,09	0,10	0,11	0,09	247	272
4.2	76440000	56	52,2	22,7	0,88	0,38	0,90	0,12	2879	1254
4.3	76460000	39	25,9	27,8	0,29	0,31	0,10	0,10	1747	1872
4.4	76470000	17	29,0	21,5	0,46	0,34	0,52	0,01	490	365
4.5	76490000	32	95,3	20,8	2,24	0,49	0,94	0,38	2013	440
4.6	***	53*	106,3	20,7	2,11	0,41	1,45	0,19	***	***
5.1	76500000	55	478,9	17,1	4,88	0,17	1,00	0,04	4132	148
5.2	76550000	20	9,7	27,7	4,16	11,92	4,10	0,00	133	381
5.3	***	27*	11,5	19,4	6,61	11,23	6,08	10,33	***	***
5.4	76560000	30	605,2	20,5	20,7	0,70	23,30	0,00	4731	160
5.5	76600000	17	572,9	18,5	28,4	0,92	37,00	0,87	5024	162
6.1	76630000	9	30,8	19,8	0,94	0,60	5,00	0,60	398	255
6.2	76650000	55	57,8	22,6	15,23	5,94	14,80	3,67	1561	609
6.3	***	38*	58,6	20,9	13,73	4,89	11,71	2,32	***	***
7.1	76700000	58	97,0	30,4	1,22	0,38	0,92	0,34	693	200
7.2	76742000	20	28,1	24,2	0,11	0,09	0,17	0,07	835	718
7.3	76750000	57	116,4	19,6	1,97	0,33	0,94	0,04	1695	285
7.4	***	27*	126,7	15,9	1,97	0,25	0,78	0,10	***	***
6.6	76800000	56	849,0	19,9	29,2	0,69	21,62	0,41	8470	199
8.1	***	53*	17,3	22,5	2,39	3,10	1,26	0,52	***	***
8.2	***	53*	49,6	22,5	6,82	3,10	3,62	0,52	***	***
9	***	***	887,0	18,8	4,0	0,09	***	***	***	***
10.1	75830000	9	3,8	19,9	0,19	0,99	0,04	0,21	50	261
10.2	***				0,75	0,81	0,42	0,45		
10.3	***				1,94	0,81	1,07	0,45		
11	***				0,43	0,45	0,04	0,04		

**Tabela 3 – Resumo das demandas por sub-bacia**

S-B	Irrigação							Abastecimento		
	Qmd	Qmed	QMR	Qnov	Qdez	Qjan	Qfev	Qani- mal	Qhu- mano	Qin- dustrial
	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
1.1								0.006	0.0019	0.002
1.2	2.83	1.57	0.42	1.18	2.66	2.66	1.26	0.016	0.0029	0.009
1.3	6.66	3.7	1	2.78	6.27	6.27	2.97	0.033	0.0033	0.157
1.4	0.98	0.55	0.15	0.41	0.93	0.93	0.44	0.003	0.0005	
2.1								0.034	0.0029	0.05
2.2								0.019	0.0022	0.035
2.3								0.001	0.0001	
2.4	1.56	0.87	0.23	0.65	1.47	1.47	0.7	0.054	0.0096	0.009
2.5	4.64	2.58	0.7	1.93	4.36	4.36	2.07	0.023	0.0048	0.018
2.6	2.36	1.31	0.35	0.98	2.22	2.22	1.05	0.003	0.0003	
3.1	10.26	5.7	1.54	4.27	9.65	9.65	4.58	0.041	0.0018	0.018
4.1								0.025	0.0011	
4.2	1.32	0.73	0.2	0.55	1.24	1.24	0.59	0.066	0.0089	0.071
4.3								0.052	0.0029	1.306
4.4	0.15	0.08	0.02	0.06	0.14	0.14	0.07	0.017	0.0023	0.016
4.5	8.88	4.93	1.33	3.7	8.35	8.35	3.96	0.04	0.0051	0.017
4.6	3.72	2.06	0.56	1.55	3.5	3.5	1.66	0.023	0.0018	
5.1	8.66	4.81	1.3	3.61	8.15	8.15	3.87	0.054	0.0022	0.04
5.2	2.13	1.19	0.32	0.89	2.01	2.01	0.95		0.0013	
5.3	0.48	0.27	0.07	0.2	0.45	0.45	0.21	0.024	0.0006	
5.4	2.91	1.62	0.44	1.21	2.74	2.74	1.3	0.041	0.0023	0.029
5.5	6.28	3.49	0.94	2.62	5.91	5.91	2.8	0.073	0.0025	
5.6	5.6	3.11	0.84	2.33	5.27	5.27	2.5	0.035	0.001	
6.1	1.72	0.96	0.26	0.72	1.62	1.62	0.77	0.075	0.0051	0.004
6.2	1.02	0.57	0.15	0.43	0.96	0.96	0.46	0.041	0.0017	0
6.3	1.41	0.78	0.21	0.59	1.33	1.33	0.63	0.012	0.0003	
7.1	4.76	2.64	0.71	1.98	4.48	4.48	2.13	0.052	0.0017	
7.2	3.7	2.06	0.56	1.54	3.48	3.48	1.65	0.147	0.0036	
7.3	6.75	3.75	1.01	2.81	6.35	6.35	3.01	0.072	0.002	2.018
7.4	21.34	11.86	3.2	8.89	20.08	20.08	9.53	0.089	0.0029	0.795
8.1	7.03	3.97	1.05	2.98	6.72	6.72	3.19	0.034	0.0014	
8.2	17.29	9.48	2.59	7.11	16.06	16.06	7.62	0.061	0.0025	
9	43.58	24.21	6.54	18.16	41	41	19.45	0.115	0.0036	0.014
10.1	0.49	0.27	0.07	0.2	0.46	0.46	0.22	0.01	0.0006	0.012
10.2	30.17	16.76	4.53	12.57	28.38	28.38	13.47	0.058	0.0039	0.003
10.3	16.78	9.32	2.52	6.99	15.79	15.79	7.49	0.032	0.0016	0.001
11	15.65	8.8	2.35	6.6	14.9	14.9	7.07	0.041	0.0019	0.696
12	18.23	10.13	2.73	7.6	17.15	17.15	8.14	0.031	0.002	3.019
13	22.25	12.36	3.34	9.27	20.93	20.93	9.93	0.047	0.0014	0.522
14	10.13	5.63	1.52	4.22	9.53	9.53	4.52	0.017	0.0008	0.013
Total	291.74	162.12	43.77	121.59	274.56	274.56	130.3	1.24	0.0562	7.2



## CONHECIMENTO DA COBERTURA VEGETAL DE UMA MICROBACIA HIDROGRÁFICA PARA PRESERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Teresinha Maria de ANDRADE

Ecóloga, Mestre em Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Cidade Universitária Zeferino Vaz, Caixa Postal 6011, Campinas, SP, Brasil, tel 55 -19- 37881025, e-mail: ttandrade@hotmail.com

Camila P. G. de CASTILHO

Eng. Agrícola, Doutoranda em Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Cidade Universitária Zeferino Vaz, Caixa Postal 6011, Campinas, SP, Brasil, tel 55 -19- 37881029, e-mail: camila@agr.unicamp.br

José TEIXEIRA FILHO

Eng. Civil, Prof. Ass. Dr. da Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Cidade Universitária Zeferino Vaz, Caixa Postal 6011, Campinas, SP, Brasil, tel 55 -19- 37881025, e-mail: [jose@agr.unicamp](mailto:jose@agr.unicamp)

### Resumo:

Estudos sobre a composição florística e a ecologia das comunidades vegetais são fundamentais para embasar empreendimentos de preservação e conservação de renascentes florestais, bem como para o desenvolvimento de modelos de recuperação de áreas degradadas, seleção de espécies para finalidades silviculturais e para utilização racional dos recursos naturais mediante manejo adequado. A Serra do Japi representa uma das grandes áreas de floresta contínua do estado de São Paulo, Brasil. Com objetivo de estudar a composição florística de uma área de floresta estacional semidecídua em uma microbacia hidrográfica (1,1ha) localizada na Reserva Biológica Municipal da Serra do Japi, foram delimitadas duas áreas de amostragem (A e B), representativas da bacia para analisar o extrato arbóreo, fazendo uso do método das parcelas. O levantamento fitossociológico foi restrito a identificação dos gêneros vegetais. Na área A foram consideradas 14 parcelas de 10m x 10m e foram amostrados 234 indivíduos (sendo 4 indeterminados) pertencentes a 47 gêneros. Na área B, composta de 6 parcelas de 10m x 10m, foram amostrados 70 indivíduos (2 indeterminados) pertencentes a 34 gêneros. A vegetação microbacia hidrográfica estudada mostrou a riqueza da biodiversidade vegetal da região da Serra do Japi. As áreas amostradas apresentaram alta diversidade de gêneros, observando-se número superior a 20 em cada área. O levantamento fitossociológico fornece informações importantes para o planejamento e recuperação de áreas degradadas em florestas estacionais semidecíduas, sendo também fundamental para a implantação de políticas de preservação dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas da região da Serra do Japi.

**Palavras-chave:** preservação de recursos hídricos, bacia hidrográfica, floresta semidecídua, manacial,, cobertura vegetal

## 1. INTRODUÇÃO

A cobertura florestal do estado de São Paulo atualmente está restrita a aproximadamente 5% de seu território, sendo que grande parte desta área corresponde à Mata Atlântica. No interior do estado existem pequenas extensões de matas mesófilas semidecíduas que correspondem a parques, reservas e matas residuais em propriedades privadas. Tais áreas sofrem desmatamento acelerado devido às facilidades de acesso e às pressões agropecuárias e imobiliárias (KOTCHETKOFF-HENRIQUES e JOLY, 1994).

A Serra do Japi representa, segundo MORELLATO (1992), uma das últimas grandes áreas de floresta contínua do estado de São Paulo, constituindo importante testemunho da fauna e flora ricas e exuberantes que ocorriam na maior parte da região Sudeste do Brasil anteriormente ao domínio europeu.

A maior parte da área florestal da Serra do Japi é ocupada por florestas mesófilas semidecíduas - florestas tipicamente sazonais, com um período de perdas de folhas que, em geral, vai de abril a setembro, época em que as temperaturas são mais baixas e os índices pluviométricos são menores (MORELLATO *et al.* 1989).

A região da Serra do Japi representa um extraordinário cenário das diversidades das florestas mesófilas semidecíduas, onde se encontram presentes 86,3% das famílias observadas no estado de São Paulo, das 622 espécies estimadas no estado, 45,7% já foram catalogadas em áreas estudadas na Serra do Japi (LEITÃO-FILHO, 1992).

O levantamento de composição florística e da estrutura fitossociológica de uma área possibilita o melhor conhecimento da vegetação arbórea nativa da região. Este conhecimento fornece subsídios à silvicultura e ao manejo de ecossistemas naturais.

Dentre os métodos utilizados para elaboração de levantamentos fitossociológicos estão o Método dos Quadrantes, a Análise de Agrupamento e o Método das Parcelas. O Método dos Quadrantes foi empregado, entre outros autores, por SILVA e LEITÃO (1992), CAVASSAN *et al.* (1984), BERTONI e MARTINS (1987), PAGANO *et al.* (1987), CARDOSO LEITE (2000).

O Método das Parcelas foi utilizado, entre outros, por OLIVEIRA FILHO (1989) em uma floresta de galeria, Cuiabá, MT. RODRIGUES *et al.* (1989) aplicaram o método em um gradiente altitudinal de mata estacional mesófila semidecídua na Serra do Japi, SP, dividindo a área em 42 parcelas de 10m x 10m. SALIS *et al.* (1994) estudaram um remanescente de mata ciliar no rio Jacaré-Pepira, Brotas, SP, onde foram levantadas 81 espécies, distribuídas em 31 famílias e 59 gêneros. VILELA *et al.* (1995) trabalharam em um fragmento de mata ciliar, Itutinga, MG, onde foram identificadas 253 espécies, pertencentes a 66 famílias botânicas. ARAÚJO *et al.* (1997) aplicou o método em um remanescente de mata mesófila semidecídua urbana, Araguari, MG, resultando no levantamento de 1827 indivíduos pertencentes a 46 famílias, 88 gêneros e 113 espécies. TONIATO *et al.* (1998) estudou 10 parcelas de 10m x 10m em um remanescente de floresta hidrófila, Campinas, SP, nas quais foram amostrados 955 indivíduos de 55 espécies, 44 gêneros e 29 famílias. FINA (1999) instalou 34 parcelas de 10m x 10m em uma área de cerradão, Pirassununga, SP, onde foram levantados 730 indivíduos pertencentes a 33 famílias, 60 gêneros e 80 espécies. SANCHEZ *et al.* (1999) usou o método em um trecho de floresta ripária na Mata Atlântica, Ubatuba, SP, o que resultou em 673 indivíduos amostrados, distribuídos entre 120 espécies, 83 gêneros e 37 famílias. IVANAUSKAS e RODRIGUES (2000) trabalharam em 43 parcelas um remanescente de floresta estacional decidual, Piracicaba, SP, onde foram registrados 110 espécies, 86 gêneros e 42 famílias. GANDOLFI (2000) estudou 3 trechos de floresta estacional semidecidual, Campinas, SP, que mostravam distintos graus de perturbação e diferentes estruturas de comunidade, onde foram estabelecidas 35 parcelas de 10m x 10m e amostrados 1134 indivíduos, pertencentes a 129 espécies, 102 gêneros e 47 famílias. WERNECK *et al.* (2000) aplicaram o método das parcelas em trechos de floresta semidecídua, Ouro Preto, MG, onde foram amostradas 68 espécies pertencentes a 42 gêneros e 25 famílias.

Assim, este trabalho baseou-se em informações fitossociológicas a fim de diagnosticar se a microbacia hidrográfica estudada apresenta características representativas da cobertura vegetal da Serra do Japi, tendo como parâmetro de comparação a identificação dos gêneros e famílias vegetais.



## 2. MATERIAL E MÉTODO

O estudo foi realizado em uma microbacia (1,1ha) de formação florestal de Floresta Estacional Semidecídua, localizada na Reserva Biológica Municipal (R.B.M.) da Serra do Japi, no Município de Jundiá, SP, situado entre as coordenadas 23°12'/23°21'S e 46°30'/47°05'W. A área total da Reserva Biológica Municipal da Serra do Japi é de 2071,2 ha, com níveis altimétricos variando entre 700 e 1300m, solos classificados como Latossolo Vermelho Amarelo fase rasa e Latossolo Vermelho Amarelo fase terraço. O clima da região é classificado como Cfa e Cfb, variando de superúmido–mesotérmico para úmido-mesotérmico no sentido sul-norte; apresentando um clima claramente estacional, sendo que nos meses mais secos, a precipitação média chega a 41mm/mês e, nos meses mais chuvosos alcança 251mm/mês. A temperatura média da Serra do Japi alterna-se conforme a altitude, sendo 19,2°C nas partes mais baixas (700m altitude) e 15,7°C nas partes mais altas (1300m altitude) (PINTO, 1992).

Para a análise qualitativa e quantitativa do estrato arbóreo, foram selecionados dois trechos que representassem as diferentes fisionomias dentro da floresta estacional semidecídua. A área A representa a parte extrema jusante e área central da microbacia e, a área B, representa a parte montante e topo da mesma.

O método utilizado para o estudo fitossociológico foi o de parcelas (MUELLER-DOMBOIS & ELLENBERG, 1974). Considerou-se como critério de inclusão indivíduos lenhosos maiores ou iguais a 10cm de PAP (perímetro à altura do peito), que foram medidos a 1,30cm a partir do solo e com altura acima de 6m. Este critério foi adotado com a finalidade de padronização da metodologia, facilitando a comparação entre as diferentes áreas. Para as espécies com perfilhos, foram incluídas apenas aquelas em que um dos perfilhos apresentasse o critério de inclusão, sendo anotadas também as medidas dos outros perfilhos, e o diâmetro final foi considerado como o perfilho mais representativo (maior). Os indivíduos mortos não foram considerados para o estudo da estrutura da comunidade.

Todos os indivíduos amostrados receberam uma faixa de sinalização com um número, e foram feitas as anotações de campo (data, local, altura, diâmetro, etc.). As marcações iniciais dos indivíduos e posterior coletas foram realizadas através de visitas à área no período de janeiro a outubro de 2001.

Foram instaladas 14 parcelas de 10m x 10m na parte extrema jusante e área central da microbacia, constituindo a área A e 6 parcelas de 10m x 10m na parte montante e topo da microbacia, constituindo a área B, totalizando uma área amostral de 0,2 ha.

Para o cálculo dos parâmetros fitossociológicos utilizou-se o código computacional FITOPAC (SHEPHERD, 1996), criado pelo Dr. George J. Shepherd do Departamento de Botânica da UNICAMP, onde são considerados os parâmetros absolutos e relativos de Densidade, Freqüência, Dominância, Valor de Importância e Valor de Cobertura, baseados nas fórmulas de MÜLLER-DAMBOIS & ELLENBERG (1974):

Área Basal Total	$ABT = \sum AB_i$
Densidade absoluta da espécie (i)	$DA_i = n_i / A$
Densidade relativa da espécie (i)	$DR_i = n_i 100 / N$
Dominância absoluta da espécie (i)	$DoA_i = A B_i / A$
Dominância relativa da espécie (i)	$DoR_i = A B_i 100 / ABT$
Freqüência absoluta da espécie (i)	$FoA_i = U_i 100 / UT$
Freqüência relativa da espécie (i)	$FR_i = FA 100 / \sum FA_i$
Índice de valor de importância da espécie (i).....	$IVI_i = DR_i + DoR_i + FR_i$
Índice de valor de cobertura da espécie (i).....	$IVC_i = DR_i + DoR_i$

onde:

i = espécie qualquer

$n_i$  = número de indivíduos da espécie i

N = numero total de indivíduos amostrados no levantamento

A = área amostrada em hectares

$U_i$  = número de unidades amostrais em que a espécie i ocorreu (no caso, parcelas)

UT = número total de unidades amostrais utilizadas (no caso, parcelas)

$AB_i$  = área basal da espécie  $i$ , obtida pela soma das áreas basais dos indivíduos dessa espécie, a partir da fórmula do círculo (em  $m^2$ )

ABT = área basal total da comunidade amostrada

Para analisar se a microbacia hidrográfica estudada apresenta características representativas da cobertura vegetal da Serra do Japi, elaborou-se uma comparação com os dados levantados por CARDOSO LEITE (2000).

CARDOSO LEITE (2000) trabalhou na Reserva Biológica Municipal da Serra do Japi, Jundiá, SP, Brasil, dividindo o local em 8 unidades de paisagem sendo 3 antrópicas e 5 naturais. Foram amostrados 70 pontos em cada área, sendo identificadas 125 espécies. A autora concluiu que aproximadamente 98,5% da área possui vegetação nativa, sendo que algumas fitofisionomias estão mal representadas na Reserva, indicando que a mesma deveria ser ampliada pelo fato que no entorno da área existem remanescentes de vegetação nativa.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A apresentação dos resultados e da discussão será em conjunto, introduzindo-se primeiro alguns aspectos gerais sobre a Reserva Biológica Municipal da Serra do Japi, analisando-se cada uma das duas áreas amostradas para depois, estabelecer uma comparação entre elas e, por fim, fazer uma discussão geral. Essa abordagem permitirá que, primeiro se possa ter uma perfeita compreensão de cada uma das áreas estudadas, para só depois então, se chegar a possíveis generalizações.

Nas 20 parcelas amostradas foram encontradas 69 espécies, sendo 63 identificadas e 6 indeterminadas, totalizando 304 indivíduos. A seguir é apresentada a Tabela 1 contendo as espécies arbóreas, bem como suas respectivas famílias, resultado do estudo fitossociológico realizado na microbacia da Reserva Biológica Municipal da Serra do Japi, Jundiá, SP.

Tabela 1- Espécies arbóreas e famílias encontradas no levantamento fitossociológico da microbacia da Reserva Biológica Municipal da Serra do Japi, Jundiá, SP.

FAMÍLIA	ESPÉCIE
Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.
Annonaceae	<i>Guatteria nigrescens</i> Mart. <i>Rollinia sylvatica</i> (A. St. Hil.) Mart.
Apocynaceae	<i>Aspidosperma parvifolium</i> A.DC.
Araliaceae	<i>Dendropanax cuneatum</i> (DC.) Dec. et Planch. <i>Didymopanax calvum</i> (Cham.) Dec. et Planch.
Asteraceae	<i>Asteraceae</i> sp.1 <i>Asteraceae</i> sp.2 <i>Asteraceae</i> sp.3
Bignoniaceae	<i>Tabebuia chrysotricha</i> (Mart. ex. DC.) Standl.
Bombacaceae	<i>Chorisia speciosa</i> St. Hil.
Celastraceae	<i>Maytenus alaternoides</i> Reiss. <i>Maytenus gonoclados</i> Mart.
Combretaceae	<i>Terminalia</i> sp.
Cunoniaceae	<i>Lamonia ternata</i> Vell.
Elaeocarpaceae	<i>Slonea monosperma</i> Vell.
Euphorbiaceae	<i>Actinostemom communis</i> <i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) M. Arg. <i>Croton floribundus</i> Spreng. <i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax <i>Sebastiania serrata</i> Muell. Arg.
Flacourtiaceae	<i>Casearia gossypiosperma</i> Briquet
Lauraceae	<i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng.) J.F. Macbr.

	<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez. <i>Nectandra oppositifolia</i> Nees. <i>Ocotea puberula</i> (Reich.) Nees. <i>Persea venosa</i> Ness et Mart. Ex Nees
<b>Leguminosae - Caesalpinioideae</b>	<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S. Irwin & Barneby <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.
<b>Leguminosae - Papilionoideae</b>	<i>Dalbergia brasiliensis</i> Vog. <i>Dalbergia fruticosa</i> <i>Machaerium brasiliensis</i> Vog.
<b>Meliaceae</b>	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart. <i>Cedrela fissilis</i> Vell. <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer <i>Trichilia hirta</i> L. <i>Trichilia pallida</i> Sw.
<b>Monimiaceae</b>	<i>Mollinedia argyrogyna</i> Perkins
<b>Myrcinaceae</b>	<i>Rapanea umbellata</i> (Mart.) Mez
<b>Myrtaceae</b>	<i>Campomanesia</i> sp. <i>Eugenia myrtifolia</i> Camb. <i>Malierea</i> sp. <i>Myrcia rostrata</i> DC. <i>Myrcia venulosa</i> <i>Myrtaceae</i> sp.1 <i>Myrtaceae</i> sp.2 <i>Psidium</i> sp.
<b>Nyctaginaceae</b>	<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz.
<b>Ohnaceae</b>	<i>Ouratea semiserrata</i> (Mart. et Ness) Engl.
<b>Palmae</b>	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassm.
<b>Rhamnaceae</b>	<i>Rhamnidium elaeocarpum</i>
<b>Rosaceae</b>	<i>Prunus sellowii</i> Koehne
<b>Rubiaceae</b>	<i>Bathysia meridionalis</i> Smith & Downs <i>Psychotria sessilis</i> (Vell.) Müll. Arg.
<b>Rutaceae</b>	<i>Ezenbeckia</i> sp. <i>Ezenbeckia grandiflora</i> Mart. <i>Ezenbeckia leiocarpa</i> Engl.
<b>Sapindaceae</b>	<i>Cupania vernalis</i> Camb.
<b>Solanaceae</b>	<i>Solanum pseudoquina</i> A. St. Hil.
<b>Symplocaceae</b>	<i>Symplocos celastrinea</i> Mart.
<b>Theaceae</b>	<i>Laplacea semiserrata</i> Cambess.
<b>Thymelaeaceae</b>	<i>Daphnopsis fasciculata</i> (Meissn.) Nevl.
<b>Vochysiaceae</b>	<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.

Na área A foram encontradas 28 famílias, 47 gêneros e 53 espécies, sendo 4 indeterminadas. A densidade relativa (DR) das espécies amostradas variou de 0,4 a 7,7 (*Solanum pseudoquina*). Já a dominância relativa (DoR) variou de 0,02 (*Asteraceae* sp. 1) a 40,4 (*Nectandra megapotamica*). A frequência relativa (FR) variou de 0,6 (*Asteraceae* sp. 1) a 7,2 (*Solanum pseudoquina*). O IVI variou de 1,1 (*Asteraceae* sp. 1) a 52,3 (*Nectandra megapotamica*) e o IVC variou de 0,4 (*Asteraceae* sp. 1) a 46,4 (*Nectandra megapotamica*). Os resultados desse levantamento fitossociológico são apresentados na Tabela 2.

No trabalho realizado por KOTCHETKOFF-HENRIQUES e JOLY (1994) na mata semidecídua da Serra do Itaqueri, Itirapina, SP, as espécies com maior IVC foram *Urera baccifera* (27,3%), *Chorisia speciosa* (13,0%), *Piper amagalo* (10,3%), *Mortas* (9,7%), *Erythrina falcata* (9,5%), *Bauhinia forticata* (6,8%),

*Machaerium stipitatum* (6,6%), *Jacaratia spinosa* (6,5%), *Crotom floribundus* (6,4%), *Eupatorium macrophyllum* (6,3%) e *Caricia quercifolia* (5,6%).

SALIS, TAMASHIRO e JOLY (1994) constataram no estudo florístico e fitossociológico do estrato arbóreo de um remanescente de mata ciliar do rio Jacaré-Pepira, Brotas, SP, que as espécies com maiores IVIs foram *Actinostemon communis* (40,0), *Centrolobium tomentosum* (27,3), *Metrodorea nigra* (23,4) e as árvores mortas (21,8). *Cariniana estrellensis* e *Copaifera langsdorfii*, apesar de estarem representadas por poucos indivíduos, também apresentaram elevados IVIs, devido ao elevado diâmetro de seus indivíduos, que influenciou a dominância relativa (DoR) e, conseqüentemente, o IVI. Apesar de *Actinostemon communis* e *Metrodorea nigra* não possuírem altos valores de DoR, por serem espécies de pequeno porte, aquelas ocuparam, respectivamente, o primeiro e o terceiro lugares em IVI (índice de valor de impotância), tendo ocorrido com altas freqüências e densidades relativas.

Tabela 2 - Parâmetros fitossociológicos das espécies arbóreas presentes na área A

Espécie	CS	Nº ind	Nº amos	DR	DoR	FR	IVC	IVI
<i>Nectandra megapotamica</i>	SI	14	9	6,0	40.4	6,0	46.4	52.3
<i>Solanum pseudoquina</i>	P	18	11	7.7	4.7	7.3	12.4	19.7
<i>Croton floribundus</i>	P	14	6	6,0	7.9	4,0	13.9	17.9
<i>Cabralea canjerana</i>	ST	16	7	6.8	4.6	4.6	11.5	16.1
<i>Bathysa meridionalis</i>	NC	17	8	7.3	2.2	5.3	9.5	14.8
<i>Alchornea triplinervia</i>	P	9	7	3.9	4.3	4.6	8.2	12.8
<i>Maytenus alaternoides</i>	NC	11	7	4.7	1.7	4.6	6.4	11.1
<i>Actinostemon communis</i>	NC	13	4	5.6	2.3	2.7	7.9	10.6
<i>Rollinia silvatica</i>	SI	10	6	4.3	1.7	4,0	6.0	10,0
<i>Ocotea puberula</i>	SI	9	5	3.9	2.1	3.3	5.9	9.2
<i>Cupania vernalis</i>	SI	8	6	3.4	1.5	4,0	4.9	8.9
<i>Prunus sellowii</i>	NC	8	3	3.4	2.7	2,0	6.1	8.1
<i>Trichilia pallida</i>	ST	7	6	3,0	0.68	4,0	4,0	7.6
<i>Guarea guidonea</i>	NC	3	2	1.3	4.7	1.3	6,0	7.3
<i>Lamanonia ternata</i>	NC	4	3	1.7	2.9	2,0	4.6	6.5
<i>Sapium glandulatum</i>	NC	4	2	1.7	2.6	1.3	4.3	5.6
<i>Aspidosperma parvifolium</i>	NC	4	4	1.7	0.95	2.7	2.7	5.3
<i>Nectandra oppositifolia</i>	ST	4	4	1.7	0.53	2.6	2.2	4.9
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i>	SI	5	3	2.1	0.66	2,0	2.8	4.8
<i>Endlicheria paniculata</i>	ST	4	4	1.7	0.33	2.6	2.0	4.7
<i>Guatteria nigrescens</i>	ST	3	3	1.3	0.30	2,0	1.6	3.6
<i>Myrcia rostrata</i>	P	3	3	1.3	0.13	2,0	1.4	3.4
<i>Dendropanax cuneatum</i>	SI	3	2	1.3	0.69	1.3	2,0	3.3
<i>Cedrela fissilis</i>	SI	2	2	0.85	1.1	1.3	1.9	3.3
<i>Sebastiania serrata</i>	NC	3	2	1.3	0.41	1.3	1.7	3.0
<i>Mollinedia argyrogyna</i>	NC	3	2	1.3	0.26	1.3	1.5	2.9
<i>Symplocos celastrinea</i>	NC	3	2	1.3	0.15	1.3	1.4	2.8
<i>Didymopanax calvum</i>	SI	1	1	0.43	1.5	0.66	1.9	2.6
<i>Daphnopsis fasciculata</i>	NC	2	2	0.85	0.24	1.3	1.1	2.4
<i>Malierea sp</i>	NC	2	2	0.85	0.14	1.3	0.99	2.3
<i>Chorisia speciosa</i>	NC	1	1	0.43	1.2	0.66	1.6	2.3
<i>Indet 6</i>	NC	1	1	0.43	1.2	0.66	1.6	2.3
<i>Astronium graveolens</i>	SI	2	1	0.85	0.56	0.66	1.4	2.1
<i>Esenbeckia sp</i>	NC	2	1	0.85	0.50	0.66	1.4	2.0
<i>indet 2</i>	NC	1	1	0.43	0.57	0.66	0.99	1.7

<i>Maytenus gonocladus</i>	NC	2	1	0.85	0.10	0.66	0.96	1.6
<i>Guapira opposita</i>	SI	2	1	0.85	0.07	0.66	0.92	1.6
<i>indet 1</i>	NC	1	1	0.43	0.35	0.66	0.78	1.4
<i>Asteraceae sp2</i>	NC	1	1	0.43	0.15	0.66	0.57	1.2
<i>Rapanea umbellata</i>	SI	1	1	0.43	0.13	0.66	0.56	1.2
<i>indet 3</i>	NC	1	1	0.43	0.11	0.66	0.53	1.2
<i>Vochysia tucanorum</i>	SI	1	1	0.43	0.11	0.66	0.53	1.2
<i>Asteraceae sp3</i>	NC	1	1	0.43	0.10	0.66	0.53	1.2
<i>Terminalia sp</i>	NC	1	1	0.43	0.09	0.66	0.52	1.2
<i>Esenbeckia grandiflora</i>	NC	1	1	0.43	0.06	0.66	0.49	1.2
<i>Myrtaceae sp1</i>	NC	1	1	0.43	0.06	0.66	0.49	1.2
<i>Eugenia myrtifolia</i>	NC	1	1	0.43	0.06	0.66	0.49	1.2
<i>Laplacea semiserrata</i>	NC	1	1	0.43	0.05	0.66	0.48	1.1
<i>Psidium sp</i>	NC	1	1	0.43	0.05	0.66	0.48	1.1
<i>Myrtaceae sp2</i>	NC	1	1	0.43	0.05	0.66	0.48	1.1
<i>Psychotria sessilis</i>	ST	1	1	0.43	0.04	0.66	0.47	1.1
<i>Casearia gossypiosperma</i>	NC	1	1	0.43	0.03	0.66	0.46	1.1
<i>Asteraceae sp1</i>	NC	1	1	0.43	0.02	0.66	0.45	1.1

Nº ind = número de indivíduos; Nº amos = número de amostras; DR = densidade relativa, DoR = dominância relativa; FR = frequência relativa; IVI = índice de valor de importância; IVC = índice de valor de cobertura; CS = categorias sucessionais; P = pioneiras; SI = secundárias iniciais; ST = secundárias tardias; NC = não caracterizadas.

A Tabela 3 apresenta um resumo de algumas características florísticas e fitossociológicas gerais da área A.

Tabela 3 – Características florísticas e fitossociológicas gerais da área A

Características Gerais da Área		
	Área A	
Número Total de indivíduos	234	
Densidade total estimada (ind. ha <sup>-1</sup> )	1671,4	
Número de espécies	53	
Índice de diversidade – H'(nats. ind <sup>-1</sup> )	3,5	
Equabilidade	0,88	
	<b>Número</b>	<b>Porcentagem</b>
Espécies com 1 indivíduo	20	37,7%
Indivíduos da espécie mais abundante	18	7,6%

Como observado na Tabela 3, a densidade total estimada foi de 1671 ind.ha<sup>-1</sup>, o número de espécies encontrado na área A foi de 53, resultando em um índice de diversidade H' de 3,5 nats.ind<sup>-1</sup>. CARDOSO LEITE (2000) observou os seguintes valores: densidade total estimada de 1822,0, 1221,9, 1712,9 e 1402,5 ind.ha<sup>-1</sup>; número de espécies 58, 70, 65 e 65; índice de diversidade H' de 3,6, 3,7, 3,6 e 3,8, para as fitofisionomias de topo, vale, encosta N/NW e encosta S/SE, respectivamente. GANDOLFI (2000) encontrou os valores: densidade estimada de 654,3, 1097,1 e 1297,1 ind.ha<sup>-1</sup>; número de espécies 37, 68 e 90; índice de diversidade H' de 2,8, 3,5 e 4,0, para as três áreas estudadas na Mata Santa Genebra, Campinas, SP, respectivamente. Comparando os resultados obtidos no presente estudo, com os autores citados, conclui-se que a área A da microbacia da RBM da Serra do Japi pesquisada aproxima-se da caracterização das quatro

fitofisionomias descritas por CARDOSO LEITE (2000) para a R.B.M da Serra do Japi, Jundiá, SP, e se aproxima da segunda área, estudada por GANDOLFI (2000) para a Mata Santa Genebra, Campinas, SP. Na área B, foram encontradas 22 famílias, 34 gêneros e 38 espécies, sendo 2 indeterminadas. Nesta área foram amostrados 70 indivíduos, correspondendo a uma densidade total estimada de 1166,6 ind/ha. As espécies mais representativas pertencentes foram: *Eugenia myrtifolia* que apresentou 7 indivíduos, *Myrcia venulosa* 6, *Cupania vernalis* 5, *Alchornea triplinervia* e *Aspidosperma parvifolium* 4 e *Psychotria sessilis*, *Croton floribundus*, *Tabebuia chrysotricha* com 3, sendo que nas demais espécies o número de indivíduos variou de 1 a 2. A densidade relativa (DR) das espécies amostradas variou de 1,4 a 10,0 (*Eugenia myrtifolia*). Já a dominância relativa (DoR) variou de 0,17 (*Sloanea monosperma*) a 13,7 (*Copaifera langsdorffii*). A frequência relativa (FR) variou de 1,8 a 7,1. O IVI variou de 3,4 (*Sloanea monosperma*) a 22,4 (*Alchornea triplinervia*). O IVC variou de 1,6 (*Sloanea monosperma*) a 15,9 (*Cupania vernalis*). Os resultados desse levantamento fitossociológico são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Parâmetros fitossociológicos das espécies arbóreas presentes na área B.

Espécie	CS	Nº ind	Nº amos	DR	DoR	FR	IVC	IVI
<i>Alchornea triplinervia</i>	P	4	4	5.7	9.5	7.1	15.2	22.4
<i>Cupania vernalis</i>	SI	5	3	7.1	8.7	5.4	15.9	21.2
<i>Aspidosperma parvifolium</i>	NC	4	4	5.7	6.1	7.1	11.8	18.9
<i>Eugenia myrtifolia</i>	NC	7	4	10.0	1.5	7.1	11.5	18.6
<i>Copaifera langsdorffii</i>	ST	1	1	1.4	13.7	1.8	15.2	17,0
<i>Croton floribundus</i>	P	3	3	4.3	4.4	5.4	8.7	14.1
<i>Myrcia venulosa</i>	NC	6	2	8.6	1.8	3.6	10.4	14,0
<i>Senna multijuga</i>	NC	1	1	1.4	10.5	1.8	11.9	13.7
<i>Solanum pseudoquina</i>	P	2	2	2.9	3.5	3.6	6.4	10,0
<i>Tabebuia chrysotricha</i>	NC	3	2	4.3	0.89	3.6	5.2	8.8
<i>Ouratea semiserrata</i>	NC	1	1	1.4	5.3	1.8	6.7	8.5
<i>Psychotria sessilis</i>	ST	3	2	4.3	0.42	3.6	4.7	8.3
<i>Nectandra megapotamica</i>	SI	1	1	1.4	4.2	1.8	5.6	7.4
<i>Myrcia rostrata</i>	P	2	2	2.9	0.80	3.6	3.7	7.2
<i>Esenbeckia leiocarpa</i>	ST	1	1	1.4	3.5	1.8	4.9	6.7
<i>Rollinia silvatica</i>	SI	2	1	2.9	1.8	1.8	4.6	6.4
<i>Indet 5</i>	NC	1	1	1.4	2.7	1.8	4.1	5.9
<i>Prunus sellowii</i>	NC	1	1	1.4	2.3	1.8	3.7	5.5
<i>Machaerium brasiliensis</i>	NC	1	1	1.4	2.2	1.8	3.6	5.4
<i>Dalbergia brasiliensis</i>	NC	2	1	2.9	0.48	1.8	3.3	5.1
<i>Trichilia hirta</i>	NC	1	1	1.4	1.8	1.8	3.2	5.0
<i>Symplocos celastrinea</i>	NC	1	1	1.4	1.8	1.8	3.2	5.0
<i>Ocotea puberula</i>	SI	1	1	1.4	1.8	1.8	3.2	5.0
<i>Rapanea umbellata</i>	SI	2	1	2.9	0.22	1.8	3.1	4.9
<i>Syagrus romanzoffianum</i>	SI	1	1	1.4	1.6	1.8	3.0	4.8
<i>Esenbeckia sp</i>	NC	1	1	1.4	1.5	1.8	2.9	4.7
<i>Dalbergia fruticosa</i>	NC	1	1	1.4	1.2	1.8	2.6	4.4
<i>Maytenus gonocladus</i>	NC	1	1	1.4	0.98	1.8	2.4	4.2
<i>Indet 4</i>	NC	1	1	1.4	0.90	1.8	2.3	4.1
<i>Nectandra oppositifolia</i>	ST	1	1	1.4	0.90	1.8	2.3	4.1
<i>Cabralea canjerana</i>	ST	1	1	1.4	0.86	1.8	2.3	4.1
<i>Campomanesia sp</i>	NC	1	1	1.4	0.71	1.8	2.1	3.9
<i>Guatteria nigrescens</i>	ST	1	1	1.4	0.42	1.8	1.9	3.6

<i>Casearia gossypiosperma</i>	NC	1	1	1.4	0.27	1.8	1.7	3.5
<i>Mollinedia argyrogyna</i>	NC	1	1	1.4	0.25	1.8	1.7	3.5
<i>Psidium sp</i>	NC	1	1	1.4	0.22	1.8	1.7	3.4
<i>Persea venosa</i>	NC	1	1	1.4	0.20	1.8	1.6	3.4
<i>Sloanea monosperma</i>	ST	1	1	1.4	0.17	1.8	1.6	3.4

Nº ind = número de indivíduos Nº anos = número de amostras; DR = densidade relativa, DoR = dominância relativa; FR = frequência relativa; IVI = índice de valor de importância; IVC = índice de valor de cobertura; CS = categorias sucessionais; P = pioneiras; SI = secundárias iniciais; ST = secundárias tardias; NC = não caracterizadas

A Tabela 5 apresenta um resumo de algumas características florísticas e fitossociológicas gerais da área B.

Tabela 5 - Características florísticas e fitossociológicas gerais da área B.

Características Gerais da Área		
	Área B	
Número Total de indivíduos	70	
Densidade total estimada (ind. ha <sup>-1</sup> )	1166,6	
Número de espécies	38	
Índice de diversidade – H'(nats. Ind <sup>-1</sup> )	3,4	
Equabilidade	0,93	
	<b>Número</b>	<b>Porcentagem</b>
Espécies com 1 indivíduo	25	65,7%
Indivíduos da espécie mais abundante	7	10,0%

Observa-se na Tabela 5 que a densidade total estimada foi de 1166 ind.ha<sup>-1</sup>, o número de espécies amostrados nesta área foi de 38, obtendo-se um índice de diversidade.H' de 3,4 nats.ind<sup>-1</sup>. GANDOLFI (2000) amostrou os seguintes valores: densidade estimada de 654,3, 1097,1 e 1297,1 ind.ha<sup>-1</sup>; número de espécies foi de 37, 68 e 90; índice de diversidade H' de 2,8, 3,5 e 4,0, para as três áreas estudadas na Mata Santa Genebra, Campinas, SP, respectivamente. CARDOSO LEITE (2000) observou os valores: densidade total estimada de 1822,0, 1221,9, 1712,9 e 1402,5 ind.ha<sup>-1</sup>; número de espécies foi de 58, 70, 65 e 65; índice de diversidade H' de 3,6, 3,7, 3,6 e 3,8, para as 4 fitofisionomias estudadas em seu trabalho na Serra do Japi, Jundiá, SP, respectivamente. A área B aproxima-se da segunda área descrita por GANDOLFI (2000) e, por esta ser de menor tamanho não é possível realizar comparações com os relatos obtidos por CARDOSO LEITE (2000).

Foi montada uma tabela para comparar os resultados das duas áreas em que a microbacia foi dividida (Tabela 6).

Tabela 6 – Número total de espécies, número de gêneros, número de famílias e famílias com maior porcentagem de espécies.

Nº de espécies	Área A	Área B	TOTAL
	53	38	69
Nº de gêneros	49	32	52
Nº de famílias	28	22	33
Nº de indivíduos amostrados	234	70	304
Famílias com maior porcentagem de espécies	Myrtaceae Euphorbiaceae Lauraceae Meliaceae Asteraceae	Leguminosae Myrtaceae Lauraceae	

- Na Tabela 6 observa-se que ocorreu um maior número de indivíduos amostrados na área A. As famílias Myrtaceae e Lauraceae apresentaram grande número de indivíduos e alta riqueza de espécies tanto na área A quanto na área B.
- Dentre as espécies de maior IVC, *Alchornea triplinervia*, *Solanum pseudoquina* e *Croton floribundus* são as espécies comuns nas duas áreas. CARDOSO LEITE (2000) identificou a espécie *Croton floribundus* como sendo uma das espécies de maior IVC, que foi comum nas diversidades fitofisionômicas analisadas em seu estudo, ocorrendo em todas elas exceto no topo. Cabe ressaltar que no presente estudo não ocorreu a divisão entre montante e topo.

Considerando apenas a área A da microbacia, 14 gêneros apresentam porcentagem de indivíduos em relação ao total amostrados acima de 2,0%. Juntos eles concentram 71,7% dos indivíduos desta área (Tabela 7)

Tabela 7 – Gêneros identificados na área A da microbacia que apresentaram porcentagem de indivíduos em relação ao total superior a 2,0%

Gênero	N. de indivíduos	%
<i>Actinostemom</i>	13	5,7
<i>Alchornea</i>	9	3,9
<i>Aspidosperma</i>	4	1,7
<i>Bathysia</i>	17	7,4
<i>Cabralia</i>	16	7,0
<i>Croton</i>	14	6,1
<i>Cupania</i>	8	3,5
<i>Eugenia</i>	1	0,4
<i>Maytenus</i>	13	5,7
<i>Myrcia</i>	3	1,3
<i>Nectandra</i>	18	7,8
<i>Ocotea</i>	9	3,9
<i>Prunus</i>	8	3,5
<i>Rhamnibium</i>	5	2,2
<i>Rollinia</i>	10	4,3
<i>Solanum</i>	18	7,8
<i>Trichilia</i>	7	3,0

Quanto à área B, 14 gêneros apresentam porcentagem de indivíduos em relação ao total amostrado acima de 2,0%. Estes concentram 73,5% dos indivíduos amostrados nesta área (Tabela 8)

Tabela 8 – Gêneros identificados na área A da microbacia que apresentaram porcentagem de indivíduos em relação ao total superior a 2,0%

Gêneros	N. de Indivíduos	%
<i>Alchornea</i>	4	5,9
<i>Aspidosperma</i>	4	5,9
<i>Croton</i>	3	4,4
<i>Cupania</i>	5	7,4
<i>Dalbergia</i>	3	4,4
<i>Eugenia</i>	7	10,3
<i>Ezenbeckia</i>	2	2,9



<i>Myrcia</i>	8	11,8
<i>Nectandra</i>	2	2,9
<i>Psychotria</i>	3	4,4
<i>Rapanea</i>	2	2,9
<i>Rollinia</i>	2	2,9
<i>Solanum</i>	2	2,9
<i>Tabebuia</i>	3	4,4

#### 4. CONCLUSÕES

No presente estudo foram amostradas 69 espécies em uma área de 0,2 ha, sendo que, destas 69 espécies, 30,7% apresentaram apenas 1 indivíduo. Foram levantados 298 indivíduos; destes, 88 (29,5%) ocorreram apenas na área A e 27 espécies foram encontradas apenas nesta área e correspondem a 43,8% das 63 espécies identificadas. Já na área B, dos 298 indivíduos levantados, 22 são exclusivos desta área e correspondem a 7,4% e das 63 espécies identificadas; 14 ocorrem apenas nesta área, correspondendo a 29,4%.

Das 69 espécies, 6 espécies indeterminadas e 63 espécies foram identificadas, das quais 34,8% são comuns às áreas A e B e 65,2% ocorrem somente na área A ou área B. Destas 63 espécies 43,8% ocorrem apenas na área A e 29,4% ocorrem apenas na área B

A microbacia estudada apresenta características fitossociológicas semelhantes às determinadas em outros trabalhos encontrados na literatura, apresentando características representativas da Serra do Japi..

Este trabalho constata a importância da preservação da Serra do Japi para a manutenção das famílias vegetais que hoje correm risco de extinção no estado de São Paulo. Além disso, o levantamento fitossociológico fornece informações importantes para o planejamento e recuperação de áreas degradadas em florestas estacionais semidecíduas visando a preservação dos Recursos Hídricos.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, G.M., GUIMARÃES, A.J.M., NAKAJIMA, J. N. Fitossociologia de um remanescente de mata mesófila semidecídua urbana, Bosque John Kennedy, Araguari, MG, Brasil. **Revista Brasil. Bot.**, vol. 20, n.1, p.67-77,1997.
- BERTONI, J.E.A., MARTINS, F.R. Composição florística de uma floresta ripária na Reserva Estadual de Porto Ferreira, SP. **Acta Bot. Bras.**, v.1,n.1, p.17-26, 1987.
- CARDOSO-LEITE, E. **A vegetação de uma Reserva Biológica Municipal. Contribuição ao manejo e a conservação da Serra do Japi, Jundiá, SP.** Tese de Doutorado – Instituto de Biologia, UNICAMP. Campinas. SP. 2000. 174p.
- CAVASSAN, O, CESAR, O, MARTINS, F.R. Fitossociologia da vegetação arbórea da Reserva Estadual de Bauru, Estado de São Paulo. **Revista Brasil. Bot.**, vol. 1,7, n.2, p. 91-106, 1984.
- FINA, B. G. **Florística e Fitossociologia em uma área de cerradão, Município de Pirassununga, SP.** Dissertação de mestrado - Instituto de Biologia, UNESP. Rio Claro, SP. 1999. 79p.

- GANDOLFI, S. **História natural de uma floresta estacional semidecidual no Município de Campinas (São Paulo, Brasil)**. Tese de doutorado – Instituto de Biologia, UNICAMP. Campinas SP. 2000. 520p.
- IVANAUSKAS, N.M., RODRIGUES, R.R. Florística e fitossociologia de remanescentes de floresta estacional em Piracicaba, São Paulo, Brasil. **Revista Brasil. Bot.**, vol. 23, n.3, p.291-304, 2000.
- KOTCHETKOFF-HENRIQUES, O., JOLY, C.A. Estudo florístico e fitossociológico em uma mata mesófila semidecídua da Serra do Itaqueri, Itirapina, Estado de São Paulo, Brasil. **Rev. Brasil. Biol.**, vol. 54, n.3, p. 477-487. 1994.
- LEITÃO FILHO, H.F. A flora arbórea da Serra do Japi. In: MORELLATO, L.P.C. **História Natural da Serra do Japi**. Editora da UNICAMP-FAPESP. 1992. 321p.
- LOMBARDI, J.A., GONÇALVES, M. Composição florística de dois remanescentes de Mata Atlântica do sudeste de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasil. Bot.**, v. 23, n.3, p. 255-282, 2000.
- MORELLATO, L.P.C. Sazonalidade e dinâmica de ecossistemas florestais na Serra do Japi. In: MORELLATO, L.P.C. **História Natural da Serra do Japi**. Editora da UNICAMP-FAPESP. 1992. 321p.
- MUELLER-DOMBOIS, D.& ELLENBERG,H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York, Ed. Wiley & Sons. 574p. 1974
- PAGANO, S.N., LEITÃO FILHO, H.F., SHEPHERD, G.J. Estudo fitossociológico em mata mesófila semidecídua no município de Rio Claro (Estado de São Paulo). **Revista Brasil. Bot.**, vol.10, p. 49-61. 1987.
- RODRIGUES, R.R., MORELLATO, L.P.C., JOLY, C.A., LEITÃO FILHO, H.F. Estudo florístico e fitossociológico em um gradiente altitudinal de mata estacional mesófila semidecídua, na Serra do Japi, Jundiá, SP. **Revista Brasil. Bot.**, v.12, p. 71-84, 1989.
- SALIS, S.M., TAMASHIRO, J.Y., JOLY, C.A. Florística e fitossociologia do estrato arbóreo de um remanescente de mata ciliar do rio Jacaré – Pepira, Brotas, SP. **Revt. Bras. Bot.**, vol.17, n.2. p. 93-103, 1994.
- SANCHEZ, M., PENDRON, F., LEITÃO FILHO, H.F. CESAR, O. Composição florística de um trecho de floresta ripária na Mata Atlântica em Picinguaba, Ubatuba, SP. **Revta Brasil. Bot.**, v. 22, n.1, p. 31-42, 1999.
- SILVA, A.F., LEITÃO FILHO, H.F. Composição florística e estrutura de um trecho da mata atlântica de encosta no Município de Ubatuba ( São Paulo, Brasil). **Revista Brasil. Bot.**, vol. 5, p. 43-52, 1982.
- TONIATO, M.T.Z., LEITÃO FILHO, H.F., RODRIGUES, R.R. Fitossociologia de um remanescente de floresta higrófila (mata de brejo) em Campinas, SP. **Revista Brasil. Bot.**, v. 21, n.2, p. 197-210, 1998.

VILELA, E.A., OLIVEIRA-FILHO, A.T., CARVALHO, D.A. A flora arbustivo-arbórea de um fragmento de mata ciliar no alto Rio Grande, Itutinga, Minas Gerais. **Acta bot. bras.**, v. 1, n.9, p. 87-98, 1995.

WERNECK, M.S., PEDRALLI, G., GISEKE, L.F. Florística e estrutura de três trechos de uma floresta semidecídua na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto, MG. **Revista Brasil. Bot.** V .23, n.1, p.97-106, 2000.

